

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-221621

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 5/30  
G02B 5/32  
G02F 1/1335  
G03B 21/00  
G03H 1/04

(21)Application number : 2001-019091

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.01.2001

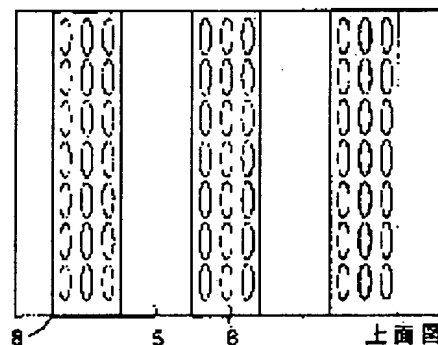
(72)Inventor : TAKEGAWA HIROSHI

## (54) POLARIZATION SELECTIVE HOLOGRAM OPTICAL ELEMENT, IMAGE DISPLAY ELEMENT AND IMAGE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain good polarization separation characteristics not only when the incident angle of an incident beam is small but when the incident angle increases.

**SOLUTION:** The refractive index modulation type polarization selective hologram element has such a structure that optically anisotropic regions 5 and anisotropic regions 6 are alternately deposited. The optical axis of the anisotropic region 6 is aligned almost parallel to the entrance face for the reproducing light and almost parallel to the interface between the isotropic regions 5 and the anisotropic regions 6.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates, and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy by turns It is the polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which the laminating was carried out in the direction in alignment with the principal plane of this optical substrate, and was constituted. The optical axis of the above-mentioned anisotropy field They are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And the polarization selectivity hologram optical element which orientation is carried out to \*\*\*\* parallel to the interface of said isotropic field and said anisotropy field, and is characterized by the difference of the ordinary index of said anisotropy field and the refractive index of said isotropic field being 0.01 or less.

[Claim 2] An isotropic field is a polarization selectivity hologram optical element according to claim 1 characterized by mainly being constituted by photopolymerization nature polymeric materials or thermal polymerization nature polymeric materials.

[Claim 3] An anisotropy field is a polarization selectivity hologram optical element according to claim 1 characterized by including a liquid crystal ingredient.

[Claim 4] A liquid crystal ingredient is a polarization selectivity hologram optical element according to claim 3 characterized by carrying out orientation control by the orientation regulation means.

[Claim 5] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or a polarization selectivity hologram optical element according to claim 4 characterized by being such combination.

[Claim 6] A liquid crystal ingredient is a polarization selectivity hologram optical element according to claim 3 which is photoresist liquid crystal, and orientation control is carried out with an orientation regulation means in the condition of not hardening, and is characterized by having hardened by having irradiated the beam of light of the wavelength which stiffens this photoresist liquid crystal.

[Claim 7] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or a polarization selectivity hologram optical element according to claim 6 characterized by being such combination.

[Claim 8] Two optical substrates are polarization selectivity hologram optical elements according to claim 1 characterized by carrying out adjustable control of the optical-axis bearing of an anisotropic substance by the electric field which have a transparent electrode and are generated with the seal-of-approval electrical potential difference to these transparent electrodes.

[Claim 9] The laminating of the isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates, and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy is carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and it is constituted. The polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, It has the reflective mold space light modulation element which modulates the polarization condition of the illumination light diffracted by the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element, and is reflected. The above-mentioned polarization selectivity hologram optical element The optical axis of the above-mentioned anisotropy field are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And orientation is carried out to \*\*\*\* parallel

to the interface of an isotropic field and an anisotropy field. The above-mentioned illumination light has 30-degree or more less than 90-degree incident angle to the normal of the illumination-light light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element, and while incidence is carried out, turning S polarization component of this illumination light to the above-mentioned reflective mold space light modulation element and mainly diffracting The image display component characterized by making this P polarization component penetrate 70% or more when the diffraction efficiency over P polarization component is 10% or less among the illumination light which this reflective mold space light modulation element became irregular, and carried out re-incidence.

[Claim 10] An isotropic field is an image display component according to claim 9 characterized by mainly being constituted by photopolymerization nature polymeric materials or thermal polymerization nature polymeric materials.

[Claim 11] An anisotropy field is an image display component according to claim 9 characterized by including a liquid crystal ingredient.

[Claim 12] A liquid crystal ingredient is an image display component according to claim 11 characterized by carrying out orientation control by the orientation regulation means.

[Claim 13] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display component according to claim 12 characterized by being such combination.

[Claim 14] A liquid crystal ingredient is an image display component according to claim 11 which is photoresist liquid crystal, and orientation control is carried out with an orientation regulation means in the condition of not hardening, and is characterized by having hardened by having irradiated the beam of light of the wavelength which stiffens this photoresist liquid crystal.

[Claim 15] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display component according to claim 14 characterized by being such combination.

[Claim 16] Two optical substrates are image display components according to claim 9 characterized by carrying out adjustable control of the optical-axis bearing of an anisotropic substance by the electric field which have a transparent electrode and are generated with the seal-of-approval electrical potential difference to these transparent electrodes.

[Claim 17] The image display component according to claim 9 characterized by the bend angle which is the difference of the angle of incidence of the illumination light to the hologram side of a polarization selectivity hologram optical element and the angle of emergence of the diffracted light being 30 degrees or more.

[Claim 18] The diffracted light in a polarization selectivity hologram optical element is an image display component according to claim 9 characterized by inclining and injecting to the normal of the illumination-light plane of incidence of this polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 19] A polarization selectivity hologram optical element is an image display component according to claim 9 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 20] A polarization selectivity hologram optical element is an image display component according to claim 9 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 21] A polarization selectivity hologram optical element is an image display component according to claim 9 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 22] A polarization selectivity hologram optical element is an image display component according to claim 9 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 23] A polarization selectivity hologram optical element and a reflective mold space light modulation element are an image display component according to claim 9 characterized by being stuck optically and constituted in one.

[Claim 24] The laminating of the light source which emits the illumination light, and the isotropic field

which has refractive-index isotropy between two optical substrates and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy is carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and it is constituted. The polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, The reflective mold space light modulation element which modulates the polarization condition of the illumination light diffracted by the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element, and is reflected, The illumination-light study system which leads the above-mentioned illumination light to the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element, It has the incident light study system which projects on a screen the illumination light modulated by the above-mentioned reflective mold space light modulation element. The above-mentioned illumination-light study system Incidence of the illumination light emitted from the above-mentioned light source is carried out to the normal of the illumination-light light-receiving side of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element in 30-degree or more less than 90-degree incident angle. The optical axis of the above-mentioned anisotropy field of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And while being made with \*\*\*\* parallel, carrying out orientation to the interface of this anisotropy field and the isotropic above-mentioned field, turning S polarization component of the above-mentioned illumination light to the above-mentioned reflective mold space light modulation element and making it mainly diffract The image display device characterized by making this P polarization component penetrate 70% or more when the diffraction efficiency over P polarization component of the illumination light which this reflective mold space light modulation element became irregular, and carried out re-incidence is 10% or less.

[Claim 25] An isotropic field is an image display device according to claim 24 characterized by mainly being constituted by photopolymerization nature polymeric materials or thermal polymerization nature polymeric materials.

[Claim 26] An anisotropy field is an image display device according to claim 24 characterized by including a liquid crystal ingredient.

[Claim 27] A liquid crystal ingredient is an image display device according to claim 26 characterized by carrying out orientation control by the orientation regulation means.

[Claim 28] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display device according to claim 27 characterized by being such combination.

[Claim 29] A liquid crystal ingredient is an image display device according to claim 26 which is photoresist liquid crystal, and orientation control is carried out with an orientation regulation means in the condition of not hardening, and is characterized by having hardened by having irradiated the beam of light of the wavelength which stiffens this photoresist liquid crystal.

[Claim 30] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display device according to claim 29 characterized by being such combination.

[Claim 31] Two optical substrates are image display devices according to claim 24 characterized by carrying out adjustable control of the optical-axis bearing of an anisotropic substance by the electric field which have a transparent electrode and are generated with the seal-of-approval electrical potential difference to these transparent electrodes.

[Claim 32] The light source is an image display device according to claim 24 characterized by having the light-emitting part of a rectangle configuration and making in agreement the direction of a shorter side of this light-emitting part in the direction of incidence of the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 33] An illumination-light study system is an image display device according to claim 24 characterized by having a polarization conversion means to rotate 90 degrees of polarization bearings, about the component which has polarization bearing which intersects perpendicularly with polarization bearing where the diffraction efficiency of a polarization selectivity hologram optical element serves as max among illumination light.

[Claim 34] An illumination-light study system is an image display device according to claim 24

characterized by having a polarization selection means to make the component which has polarization bearing where the diffraction efficiency of a polarization selectivity hologram optical element serves as max among illumination light penetrate alternatively.

[Claim 35] The light source or an illumination-light study system is an image display device according to claim 24 characterized by having a time amount sequential wavelength band change means to carry out the sequential transparency only of two or more specific wavelength bands in the full wave length band of the illumination light in time.

[Claim 36] An illumination-light study system is an image display device according to claim 24 characterized by having the polarization selectivity hologram optical element and the polarization selectivity hologram optical element for amendment which has the bend angle of an opposite sign.

[Claim 37] The polarization selectivity hologram optical element for amendment is an image display device according to claim 24 characterized by being the same component as a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 38] It is the image display device according to claim 24 which sticks to a polarization selectivity hologram optical element optically, is equipped with the coupling prism which has the 1st optical surface as for which the illumination light carries out incidence to a \*\*\*\* perpendicular at least, and the 2nd optical surface which the reflected light by this reflective mold space light modulation element injects to a \*\*\*\* perpendicular, and is characterized by carrying out incidence of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element to the normal of an illumination-light light-receiving side in the illumination light by 60-degree or more less than 90-degree incident angle.

[Claim 39] Coupling prism is an image display device according to claim 38 characterized by having the 3rd optical surface in which the light absorption layer the specular reflection light of the illumination light by the reflective mold space light modulation element carries out [ the layer ] incidence to a \*\*\*\* perpendicular was prepared.

[Claim 40] An incident light study system is an image display device according to claim 24 characterized by having a polarization selection means to make the component of polarization bearing penetrated in the polarization selectivity hologram optical element of the modulation light by the reflective mold space light modulation element penetrate alternatively.

[Claim 41] The image display device according to claim 24 characterized by the bend angle which is the difference of the angle of incidence of the illumination light to the hologram side of a polarization selectivity hologram optical element and the angle of emergence of the diffracted light being 30 degrees or more.

[Claim 42] The image display device according to claim 24 characterized by the hologram side of a polarization selectivity hologram optical element and the reflector of a reflective mold space light modulation element serving as physical relationship which inclined optically.

[Claim 43] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 24 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 44] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 24 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 45] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 24 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 46] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 24 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 47] A polarization selectivity hologram optical element and a reflective mold space light modulation element are an image display device according to claim 24 characterized by being stuck optically and constituted in one.

[Claim 48] A reflective mold space light modulation element is an image display device according to claim 24 with which the rectangle configuration is carried out and the direction of a long side is characterized by being in agreement in the direction of incidence of the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 49] The laminating of the light source which emits the illumination light, and the isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates and the anisotropy field which has a

refractive-index anisotropy is carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and it is constituted. The polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, The transparency mold space light modulation element which makes the polarization condition of the illumination light diffracted by the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element modulate and penetrate, The illumination-light study system which leads the above-mentioned illumination light to the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element, It has the incident light study system which projects on a screen the illumination light modulated by the above-mentioned transparency mold space light modulation element. The above-mentioned illumination-light study system Incidence of the illumination light emitted from the above-mentioned light source is carried out to the normal of the illumination-light light-receiving side of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element in 30-degree or more less than 90-degree incident angle. The opticals axis of the above-mentioned anisotropy field of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And the image display device which is made with \*\*\*\* parallel, and orientation is carried out to the interface of this anisotropy field and the isotropic above-mentioned field, and is characterized by turning S polarization component of the above-mentioned illumination light to the above-mentioned transparency mold space light modulation element, and making it mainly diffract.

[Claim 50] An isotropic field is an image display device according to claim 49 characterized by mainly being constituted by photopolymerization nature polymeric materials or thermal polymerization nature polymeric materials.

[Claim 51] An anisotropy field is an image display device according to claim 49 characterized by including a liquid crystal ingredient.

[Claim 52] A liquid crystal ingredient is an image display device according to claim 51 characterized by carrying out orientation control by the orientation regulation means.

[Claim 53] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display device according to claim 52 characterized by being such combination.

[Claim 54] A liquid crystal ingredient is an image display device according to claim 51 which is photoresist liquid crystal, and orientation control is carried out with an orientation regulation means in the condition of not hardening, and is characterized by having hardened by having irradiated the beam of light of the wavelength which stiffens this photoresist liquid crystal.

[Claim 55] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display device according to claim 54 characterized by being such combination.

[Claim 56] Two optical substrates are image display devices according to claim 49 characterized by carrying out adjustable control of the optical-axis bearing of an anisotropic substance by the electric field which have a transparent electrode and are generated with the seal-of-approval electrical potential difference to these transparent electrodes.

[Claim 57] The light source is an image display device according to claim 49 characterized by having the light-emitting part of a rectangle configuration and making in agreement the direction of a shorter side of this light-emitting part in the direction of incidence of the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 58] An illumination-light study system is an image display device according to claim 49 characterized by having a polarization conversion means to rotate 90 degrees of polarization bearings, about the component which has polarization bearing which intersects perpendicularly with polarization bearing where the diffraction efficiency of a polarization selectivity hologram optical element serves as max among illumination light.

[Claim 59] An illumination-light study system is an image display device according to claim 49 characterized by having a polarization selection means to make the component which has polarization bearing where the diffraction efficiency of a polarization selectivity hologram optical element serves as max among illumination light penetrate alternatively.

[Claim 60] The light source or an illumination-light study system is an image display device according to claim 49 characterized by having a time amount sequential wavelength band change means to carry out the sequential transparency only of two or more specific wavelength bands in the full wave length band of the illumination light in time.

[Claim 61] An illumination-light study system is an image display device according to claim 49 characterized by having the polarization selectivity hologram optical element and the polarization selectivity hologram optical element for amendment which has the bend angle of an opposite sign.

[Claim 62] The polarization selectivity hologram optical element for amendment is an image display device according to claim 49 characterized by being the same component as a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 63] It is the image display device according to claim 49 which sticks to a polarization selectivity hologram optical element optically, is equipped with the coupling prism which has the 1st optical surface as for which the illumination light carries out incidence to a \*\*\*\* perpendicular at least, and is characterized by carrying out incidence of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element to the normal of an illumination-light light-receiving side in the illumination light by 60-degree or more less than 90-degree incident angle.

[Claim 64] The image display device according to claim 49 characterized by the bend angle which is the difference of the angle of incidence of the illumination light to the hologram side of a polarization selectivity hologram optical element and the angle of emergence of the diffracted light being 30 degrees or more.

[Claim 65] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 49 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 66] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 49 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 67] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 49 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 68] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 49 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 69] A polarization selectivity hologram optical element and a transparency mold space light modulation element are an image display device according to claim 49 characterized by being stuck optically and constituted in one.

[Claim 70] The laminating of the light source which emits the illumination light, and the isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy is carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and it is constituted. The polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, The reflective mold space light modulation element which modulates the polarization condition of the illumination light diffracted by the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element, and is reflected, The illumination-light study system which leads the above-mentioned illumination light to the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element, It has the virtual-image observation optical system which leads the illumination light modulated by the above-mentioned reflective mold space light modulation element to an observer's pupil. The above-mentioned illumination-light study system Incidence of the illumination light emitted from the above-mentioned light source is carried out to the normal of the illumination-light light-receiving side of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element in 30-degree or more less than 90-degree incident angle. The opticals axis of the above-mentioned anisotropy field of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And while being made with \*\*\*\* parallel, carrying out orientation to the interface of this anisotropy field and the isotropic above-mentioned field, turning S polarization component of the above-mentioned illumination light to the above-mentioned reflective mold space light modulation element and making it mainly diffract The image display device characterized by making this P polarization component penetrate 70% or more when the diffraction efficiency over P polarization component of the illumination light which this reflective mold space light



modulation element became irregular, and carried out re-incidence is 10% or less.

[Claim 71] An isotropic field is an image display device according to claim 70 characterized by mainly being constituted by photopolymerization nature polymeric materials or thermal polymerization nature polymeric materials.

[Claim 72] An anisotropy field is an image display device according to claim 70 characterized by including a liquid crystal ingredient.

[Claim 73] A liquid crystal ingredient is an image display device according to claim 72 characterized by carrying out orientation control by the orientation regulation means.

[Claim 74] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display device according to claim 73 characterized by being such combination.

[Claim 75] A liquid crystal ingredient is an image display device according to claim 72 which is photoresist liquid crystal, and orientation control is carried out with an orientation regulation means in the condition of not hardening, and is characterized by having hardened by having irradiated the beam of light of the wavelength which stiffens this photoresist liquid crystal.

[Claim 76] The orientation control means of a liquid crystal ingredient is the orientation film prepared in the optical substrate, the electric field by which a seal of approval is carried out to this polarization selectivity hologram optical element, a field, either of the beams of light irradiated by this polarization selectivity hologram optical element, or an image display device according to claim 75 characterized by being such combination.

[Claim 77] Two optical substrates are image display devices according to claim 70 characterized by carrying out adjustable control of the optical-axis bearing of an anisotropic substance by the electric field which have a transparent electrode and are generated with the seal-of-approval electrical potential difference to these transparent electrodes.

[Claim 78] The light source is an image display device according to claim 70 characterized by having the light-emitting part of a rectangle configuration and making in agreement the direction of a shorter side of this light-emitting part in the direction of incidence of the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 79] An illumination-light study system is an image display device according to claim 70 characterized by having a polarization conversion means to rotate 90 degrees of polarization bearings, about the component which has polarization bearing which intersects perpendicularly with polarization bearing where the diffraction efficiency of a polarization selectivity hologram optical element serves as max among illumination light.

[Claim 80] An illumination-light study system is an image display device according to claim 70 characterized by having a polarization selection means to make the component which has polarization bearing where the diffraction efficiency of a polarization selectivity hologram optical element serves as max among illumination light penetrate alternatively.

[Claim 81] The light source or an illumination-light study system is an image display device according to claim 70 characterized by having a time amount sequential wavelength band change means to carry out the sequential transparency only of two or more specific wavelength bands in the full wave length band of the illumination light in time.

[Claim 82] An illumination-light study system is an image display device according to claim 70 characterized by having the polarization selectivity hologram optical element and the polarization selectivity hologram optical element for amendment which has the bend angle of an opposite sign.

[Claim 83] The polarization selectivity hologram optical element for amendment is an image display device according to claim 70 characterized by being the same component as a polarization selectivity hologram optical element.

[Claim 84] It is the image display device according to claim 70 which sticks to a polarization selectivity hologram optical element optically, is equipped with the coupling prism which has the 1st optical surface as for which the illumination light carries out incidence to a \*\*\*\* perpendicular at least, and the 2nd optical surface which the reflected light by this reflective mold space light modulation element injects to a \*\*\*\* perpendicular, and is characterized by carrying out incidence of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element to the normal of an illumination-light light-receiving side in the illumination light by 60-degree or more less than 90-degree incident angle.



[Claim 85] Coupling prism is an image display device according to claim 84 characterized by having the 3rd optical surface in which the light absorption layer the specular reflection light of the illumination light by the reflective mold space light modulation element carries out [ the layer ] incidence to a \*\*\*\* perpendicular was prepared.

[Claim 86] An incident light study system is an image display device according to claim 70 characterized by having a polarization selection means to make the component of polarization bearing penetrated in the polarization selectivity hologram optical element of the modulation light by the reflective mold space light modulation element penetrate alternatively.

[Claim 87] The image display device according to claim 70 characterized by the bend angle which is the difference of the angle of incidence of the illumination light to the hologram side of a polarization selectivity hologram optical element and the angle of emergence of the diffracted light being 30 degrees or more.

[Claim 88] The image display device according to claim 70 characterized by the hologram side of a polarization selectivity hologram optical element and the reflector of a reflective mold space light modulation element serving as physical relationship which inclined optically.

[Claim 89] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 70 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 90] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 70 characterized by being constituted by two or more hologram layers from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually.

[Claim 91] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 70 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the wavelength dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 92] A polarization selectivity hologram optical element is an image display device according to claim 70 characterized by carrying out the multiple configuration of two or more holograms from which the playback light incident angle dependency of diffraction efficiency differs mutually to one hologram layer.

[Claim 93] A polarization selectivity hologram optical element and a reflective mold space light modulation element are an image display device according to claim 70 characterized by being stuck optically and constituted in one.

[Claim 94] A reflective mold space light modulation element is an image display device according to claim 70 with which the rectangle configuration is carried out and the direction of a long side is characterized by being in agreement in the direction of incidence of the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to enabling low-cost[ lightweight-izing and ]-izing, raise in contrast, and efficient-ization in a projection mold image display device and a virtual-image display about the polarization selectivity hologram optical element applied to the image display device which used the reflective mold space light modulation element, an image display component, and the image display device concerned especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] The image display device constituted using various image display components and these image display components is proposed so that it may state below conventionally.

[0003] [1] There are some which were constituted by the usual thick hologram like the color filter technique indicated by JP,9-189809,A as a transparency mold polarization selectivity hologram optical element which divides this incident light according to the polarization component of incident light conventionally

[ transparency mold polarization selectivity hologram optical element ] which is constituted by having two isotropic fields. This is a thing using the incidence polarization dependency of diffraction efficiency in the thick hologram which consists of isotropic ingredients. Theoretically By dispelling strict "the solution to" It is proved (reference paper:). [ M.G.Moharam ] and T.K.Gayload : Rigorous coupled-wave analysis of planar grating diffraction, J.Opt.Soc.Am.71,811-818 (1977), M. -- G.Moharam and T.K.Gayload : Rigorous coupled-wave analysis of grating diffraction E-mode polarization and loss, J.Opt.Soc.Am.73,451-455 (1983).

[0004] For example, when value  $t/\lambda$  decided by the pitch  $\lambda$  of thickness  $t$  of a hologram and the interference fringe in a hologram is 1 thru/or 5 in the case of the thick hologram of a reflective mold, as shown in drawing 12 , a difference arises in the diffraction efficiency of TE (S polarization) and TM (P polarization), and, as for S polarization, diffraction efficiency becomes high a maximum of about 45% compared with P polarization.

[0005] Using this phenomenon, as shown in drawing 13 , the image display component is proposed. In this image display component, if read-out light carries out incidence aslant through the coupling prism 102 to the hologram color filters 101r, 101g, and 101b arranged in the shape of a laminating, the light of S polarization component of this read-out light will mainly be diffracted, and will carry out incidence to the liquid crystal layer 103 as illumination light at a \*\*\*\* perpendicular. This illumination light is reflected by the dielectric mirror film 104 through the liquid crystal layer 103. Thus, according to the phenomenon mentioned above, since the diffraction effect is low, the light (P polarization component) in which 90 degrees became irregular and the polarization direction was reflected in the liquid crystal layer 103 among the illumination light reflected by the dielectric mirror film 104 is injected to a \*\*\*\* perpendicular from these hologram color filters 101r, 101g, and 101b, without hardly receiving a diffraction operation in the hologram color filters 101r, 101g, and 101b. Thus, incidence of the injected illumination light is carried out to the projector lens which is not illustrated, and it carries out image formation of the image on a screen with this projector lens.

[0006] [2] The transparency mold polarization selectivity hologram optical element which consists of an anisotropy field and an isotropic field, and in recent years As shown in drawing 14 , the monomer which causes photopolymerization, and a liquid crystal molecule are mixed. Holographic macromolecule distribution liquid crystal which forms an interference fringe by holographic technique (it is called "H-PDLC" holographically-formed polymer dispersed liquid crystals and the following.) Research is also prosperous (reference paper: A.Ogiwara, Y.Kuratomi, T.Karawa, A.Kakimoto and S.Mizuguchi, Proc.SID XXX, 1124 (1999)).

[0007] This is the technique derived from the optical induction phase separation "PDLC" discovered in mid-1980 (reference paper: Crawford G.P. and Zumer S., in Liquid Crystals in Complex Geometries, Ulor and Francis, London (1996)).

[0008] Below, the production technique and the principle of operation are explained about this "H-PDLC." First, the ingredient which mixed a liquid crystal molecule, a monomer (prepolymer), sensitizing dye, a reaction initiator, etc. is put between glass plates, and is closed. This is exposed to the interference fringe formed by laser light. Then, in the bright section of an interference fringe, a monomer starts and polymerizes photopolymerization. For this reason, in the bright section and umbra of an interference fringe, concentration distribution of a monomer occurs and migration of the monomer to a bright section takes place from an umbra. As a result, periodic structure by phase separation called the bright section which was rich in polymer concentration, and an umbra with abundant liquid crystal molecules is made. As a next phase, it arranges so that a polymer phase and a liquid crystal molecule may cross at right angles. Although the mechanism of this phenomenon now is not solved, research of various relation is performed (C. for example, "C. Bowley, A. K. Fontecchio, and G. P. Crawford, Proc. SID XXX, 958" (1999)).

[0009] Then, UV irradiation is performed and a fixing process is performed. The hologram optical element created as mentioned above has the refractive index of a polymer layer, and the almost equal ordinary index of a liquid crystal layer, and since the refractive index of a polymer layer differs from the extraordinary-ray refractive index of a liquid crystal layer, it functions as a polarization selectivity hologram optical element.

[0010] [3] As are indicated by JP,11-271536,A and it is shown in the transparency mold polarization selectivity hologram optical element pan which consists of two anisotropy fields at drawing 15 and drawing 16, there is a technique which constitutes a polarization selectivity hologram component by controlling photo-curing mold liquid crystal and non-polymerization nature liquid crystal, and constituting the direction of orientation of those liquid crystal. The main predominance of this technique over the above-mentioned laminating hologram to which the laminating of an isotropic ingredient and the anisotropy ingredient was carried out In case bearing of non-polymerization nature liquid crystal is switched by impression of electric field and the existence of diffraction is controlled to be shown in drawing 15 and drawing 16, by setting up equally the ordinary index of photo-curing mold liquid crystal and non-polymerization nature liquid crystal, and an extraordinary-ray refractive index, respectively It is in the point that the diffraction efficiency in the condition of not producing diffraction can be theoretically suppressed to 0, irrespective of a beam-of-light incident angle and incidence polarization bearing.

[0011] In the condition of not producing diffraction, this is for not producing a refractive-index difference to the incident ray from what kind of bearing, in order that photo-curing mold liquid crystal and non-polymerization nature liquid crystal may make the bearing equal and may carry out orientation.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical problem which it is going to solve has this invention as follows.

[0013] [1] In the thick hologram component constituted with the isotropic usual ingredient shown in drawing 13, there is a problem that a polarization separation property is low. the hologram component using [ this / on this hologram component and ] the anisotropy ingredient -- differing -- P and S -- the interference fringe of the appearance by which the refractive index was modulated also for which polarization component is because it always exists.

[0014] In this semantics, it can be said that this hologram component is essentially not a polarization selectivity hologram component but a polarization dependency hologram component. Moreover, although photopolymerization nature macromolecules, such as a photopolymer, are used as an ingredient of such [ usually ] a hologram component, in the case of this ingredient, it is difficult [ it ] to make refractive-index modulation factor  $\Delta n$  or more into 0.05. A refractive-index modulation factor is an important parameter which determines the diffraction efficiency of a hologram, and the one where this value is larger usually tends to secure big diffraction efficiency.

[0015] [2] Moreover, as shown in drawing 14, there are two next problems in "H-PDLC" which does not have a \*\*\*\*\* orientation control means.

[0016] First, the 1st trouble is a point with it difficult [ to enlarge whenever / order / of liquid crystal orientation / (order parameter) ]. It is a cause that the mechanism of the orientation of arranging this so that a polymer layer and a liquid crystal molecule may cross at right angles is not solved in this time, and in order to obtain whenever [ beyond this / order ], the thing for which the clear orientation means of a mechanism is provided, such as using for example, the orientation film, is needed. In addition, since the diffraction efficiency of the polarization light which has a certain polarization bearing becomes large and the diffraction

efficiency of the polarization light which has polarization bearing which intersects perpendicularly with this becomes small so that whenever [ order ] is large, PS polarization separation property improves.

[0017] As the 2nd trouble is shown in drawing 17, an isotropic field (field 1), In "H-PDLC" to which the laminating of the anisotropy field (field 2) where orientation of the optical axis was carried out to the \*\*\*\* perpendicular to the interface of an isotropic field and an anisotropy field to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element by \*\*\*\* parallel was carried out When whenever [ to this polarization selectivity hologram component / beam-of-light incident angle ] shifts from the optimal include angle, it is the point that an apparent refractive-index modulation factor (deltan) becomes small, and diffraction efficiency falls. That is, in "H-PDLC" shown in this drawing 17, if a beam-of-light incident angle becomes large, the refractive index n2 of the appearance of the refractive-index anisotropy field containing the liquid crystal to the polarization (P polarization light in this case) which generates diffraction phenomena will become small gradually from ne. On the other hand, since the refractive index n1 of a refractive-index isotropy field is eternal, refractive-index modulation factor  $\text{deltan} = |n1 - n2|$  will become small.

[0018] For example, when it is referred to as refractive-index n1=1.5 of a field 1, it is referred to as refractive-index no=1.5 of the direction which intersects perpendicularly with an optical axis about a field 2, and refractive-index ne=1.65 in alignment with an optical axis of a direction and it asks for the refractive index of each field at the time of carrying out incidence at incident angle  $\theta_{\text{tamed}} = 40$  degree to a liquid crystal layer, the refractive index np1 of P polarization in a field 1 is shown as follows.

[0019] The refractive index np2 of nP1=no=1.5 and P polarization in a field 2 is shown as follows.

[0020]  $nP2 = (no2 + \sin [\cos^2 [50] / j2 [50] / ne2]) = 1.583$  -- deltan which is the difference of these results to these refractive indexes is 0.083.

[0021] [3] In the polarization selectivity hologram optical element which was made to carry out the laminating of photoresist liquid crystal and the non-polymerization nature liquid crystal, and constituted the direction of orientation of non-polymerization nature liquid crystal controllable as shown in drawing 15 and drawing 16 The anisotropy field where orientation of the optical axis was carried out to the \*\*\*\* perpendicular to the interface of an isotropic field and an anisotropy field to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element by \*\*\*\* parallel as shown in drawing 18 (field 1), In "H-PDLC" to which the laminating of the anisotropy field (field 2) where orientation of the optical axis was carried out to the \*\*\*\* perpendicular to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element was carried out If a beam-of-light incident angle becomes large, the refractive index n1 of the appearance of a field 1 to the polarization (P polarization light in this case) which generates diffraction phenomena will become small gradually from ne. On the other hand, as compared with the polarization selectivity hologram optical element it indicated refractive-index modulation factor  $\text{deltan} = |n1 - n2|$  to be to drawing 17 from no since the refractive index n2 of the appearance of a field 2 became gradually large, it will decrease further. This means that the diffraction efficiency of the beam of light which carries out incidence has hardly secured, when the beam-of-light incident angle to this polarization selectivity hologram optical element becomes large.

[0022] [ as shown in drawing 19, when an optical axis is actually shown about a field 1 and a field 2 by the index ellipsoid which intersects perpendicularly mutually ] When are referred to as refractive-index no=1.5 of the direction which intersects perpendicularly with an optical axis, and refractive-index ne=1.65 in alignment with an optical axis of a direction and it asks for the refractive index of each field at the time of carrying out incidence at incident angle  $\theta_{\text{tamed}} = 40$  degree to a liquid crystal layer, the refractive index np1 of P polarization in a field 1 is shown as follows.

[0023]  $nP1 = (no2 + \sin [\cos^2 [40] / j2 [40] / ne2]) = 1.557$  -- the refractive index np2 of P polarization in a field 2 is shown as follows again.

[0024]  $nP2 = (no2 + \sin [\cos^2 [50] / j2 [50] / ne2]) = 1.583$  -- these results show that deltan which is the difference of these refractive indexes is only 0.026. This value is a still smaller value as compared with the polarization selectivity hologram optical element shown in drawing 17.

[0025] in addition, as a configuration of each class which makes a polarization selectivity hologram optical element The anisotropy field where orientation of the optical axis was carried out to \*\*\*\* parallel also to the interface of an isotropic field and an anisotropy field to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element by \*\*\*\* parallel as shown in drawing 20 (field 1), As the anisotropy field (field 2) where orientation of the optical axis was carried out to the \*\*\*\* perpendicular to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element is shown in the configuration which carried out the laminating, and drawing 21 The anisotropy field where orientation of the optical axis was

carried out to the \*\*\*\* perpendicular to the interface of an isotropic field and an anisotropy field to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element by \*\*\*\* parallel (field 1), As the anisotropy field (field 2) where orientation of the optical axis was carried out to \*\*\*\* parallel also to the interface of an isotropic field and an anisotropy field to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element by \*\*\*\* parallel is shown in the configuration which carried out the laminating, and drawing 22 The configuration to which the laminating of an isotropic field (field 1) and the anisotropy field (field 2) where orientation of the optical axis was carried out to the \*\*\*\* perpendicular to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element was carried out can be considered.

[0026] what both two fields, the field 1 shown in drawing 20 and drawing 21 and a field 2, consist of as an anisotropy field -- setting -- P and S -- polarization selectivity is low in order to diffract also to which incidence polarization. In what is constituted by the isotropic field shown in drawing 22 , and the anisotropy field, when an incident angle is small, there is a problem that refractive-index modulation factor  $\delta n$  becomes small.

[0027] Then, this invention tends to offer the polarization selectivity hologram optical element made as [ acquire / a good polarization separation property ], when it is proposed in view of the above-mentioned actual condition and not only when the incident angle of incoming beams is small, but this incident angle becomes large, and it tends to offer the image display component and image display device which used this polarization selectivity hologram optical element.

[0028]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an above-mentioned technical problem, the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention The isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates, and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy are the polarization selectivity hologram optical elements of the transparency mold which the laminating was carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and was constituted. The optical axis of an anisotropy field are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And orientation is carried out to \*\*\*\* parallel to the interface of an isotropic field and an anisotropy field, and it is characterized by the difference of the ordinary index of this anisotropy field and the refractive index of an isotropic field being 0.01 or less.

[0029] Moreover, the polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which the laminating of the isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates, and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy is carried out [ mold ] in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and the image display component concerning this invention is constituted [ mold ], and makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, It has the reflective mold space light modulation element which modulates the polarization condition of the illumination light diffracted by this polarization selectivity hologram optical element, and is reflected. A polarization selectivity hologram optical element The optical axis of an anisotropy field are \*\*\*\* parallel to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. And orientation is carried out to \*\*\*\* parallel to the interface of an isotropic field and an anisotropy field. The illumination light has 30-degree or more less than 90-degree incident angle to the normal of the illumination-light light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element, and while incidence is carried out, turning S polarization component of this illumination light to a reflective mold space light modulation element and mainly diffracting When the diffraction efficiency over P polarization component is 10% or less among the illumination light which this reflective mold space light modulation element became irregular, and carried out re-incidence, it is characterized by making this P polarization component penetrate 70% or more.

[0030] And the light source to which the image display device concerning this invention emits the illumination light, The polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which the laminating of the isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates, and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy is carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and it is constituted [ mold ] and makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, The reflective mold space light modulation element which modulates the polarization condition of the illumination light diffracted by this polarization selectivity hologram optical element, and is reflected, It has the illumination-light study system which leads the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element, and the incident light study system which projects on a screen the illumination light modulated by the reflective mold space light modulation element. An illumination-light study system Incidence of the illumination light emitted from the light source is carried

out to the normal of the illumination-light light-receiving side of a polarization selectivity hologram optical element in 30-degree or more less than 90-degree incident angle. A polarization selectivity hologram optical element The optical axis of an anisotropy field receives the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. By \*\*\*\* parallel And to the interface of this anisotropy field and an isotropic field, it is made with \*\*\*\* parallel and orientation is carried out. While turning S polarization component of the illumination light to a reflective mold space light modulation element and making it mainly diffract When the diffraction efficiency over P polarization component of the illumination light which this reflective mold space light modulation element became irregular, and carried out re-incidence is 10% or less, it is characterized by making this P polarization component penetrate 70% or more.

[0031] Furthermore, the light source to which the image display device concerning this invention emits the illumination light, The polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold which the laminating of the isotropic field which has refractive-index isotropy between two optical substrates, and the anisotropy field which has a refractive-index anisotropy is carried out in the direction met by turns at the principal plane of this optical substrate, and it is constituted [ mold ] and makes the illumination light by which incidence is carried out diffract, The reflective mold space light modulation element which modulates the polarization condition of the illumination light diffracted by the polarization selectivity hologram optical element, and is reflected, It has the illumination-light study system which leads the illumination light to a polarization selectivity hologram optical element, and the virtual-image observation optical system which leads the illumination light modulated by the reflective mold space light modulation element to an observer's pupil. An illumination-light study system Incidence of the illumination light emitted from the light source is carried out to the normal of the illumination-light light-receiving side of the above-mentioned polarization selectivity hologram optical element in 30-degree or more less than 90-degree incident angle. A polarization selectivity hologram optical element The optical axis of an anisotropy field receives the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element. By \*\*\*\* parallel And while being made with \*\*\*\* parallel, carrying out orientation to the interface of this anisotropy field and the isotropic above-mentioned field, turning S polarization component of the illumination light to the above-mentioned reflective mold space light modulation element and making it mainly diffract When the diffraction efficiency over P polarization component of the illumination light which this reflective mold space light modulation element became irregular, and carried out re-incidence is 10% or less, it is characterized by making this P polarization component penetrate 70% or more.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0033] [1] Explain the manufacture approach of the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention with reference to drawing 1 and drawing 2 at the beginning of the gestalt [1]-(1) manufacture approach of operation of the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention.

[0034] First, the orientation film 7 which consists of polyimide, silicon oxide, etc. is formed on two glass substrates 8 and 9 by heat-treating by applying by technique, such as spin coat spreading and vacuum evaporation. Then, rubbing processing is performed in the fixed direction to these orientation film 7 using a roller etc. Next, a sealing compound is applied to the circumference part except the one-side section of one glass substrate 8, and the bead spacer whose diameters are 4 micrometers thru/or about 10 micrometers is distributed on the principal plane section of the glass substrate 9 of another side.

[0035] And an empty cel is built by making these glass substrates 8 and 9 rival as sense which it is the arrangement to which the direction of rubbing becomes opposite [ the sense ] in parallel, and the orientation film 7 of each glass substrates 8 and 9 counters mutually.

[0036] And the liquefied ingredient 4 containing a refractive-index anisotropy ingredient, for example, a liquid crystal ingredient, a prepolymer, the charge of an admixture of coloring matter, etc. are poured in from the one-side section to which the sealing compound of this empty cel is not applied. The prepolymer is constituted by a photopolymerization nature monomer (photopolymerization nature polymeric materials), a thermal polymerization nature monomer (thermal polymerization nature polymeric materials), oligomer, the reaction initiator, etc. In order to produce this polarization selectivity hologram optical element using light laser, such as an Ar ion laser, to the light, it has absorption to the coloring matter in a liquefied ingredient, for example, a rose bengal etc. is used for it. Moreover, as a liquid crystal ingredient, the pneumatic liquid crystal for giant-molecule distribution liquid crystal is used.

[0037] After injecting a liquefied ingredient into an empty cel, the front panel of exposure is completed by

closing an inlet with encapsulant.

[0038] Then, the bright line spectrum 3 of an Ar ion laser, for example, the interference fringe using 488nm, is exposed on the front panel of exposure. At this time, both the body light 1 and reference beams 2 from an Ar ion laser that generate an interference fringe are the parallel flux of lights, therefore the interference fringe 3 generated by these will become linear. In addition, in drawing 2, the polygonal line shows the condition of the light and darkness of an interference fringe.

[0039] In this exposure, it is important that the direction of rubbing of the orientation film 7 arranges so that it may be in agreement with the direction of the interference fringe generated. This is for making the optical axis of a liquid crystal molecule parallel to an interference fringe. Moreover, the midst which is exposing the interference fringe controls the temperature of the liquefied ingredient in the front panel of exposure in 20-degreeC thru/or the 70-degree about C range to \*\*\*\* regularity at the temperature of the front panel of exposure, and twist accuracy. Furthermore, in order to perform more powerful orientation regulation to the liquid crystal ingredient which is inherent in the liquefied ingredient 4, it is good during exposure also as performing the seal of approval of external electric field, the seal of approval of an external magnetic field, or an optical exposure.

[0040] In this exposure process, a monomer polymer-izes according to photopolymerization with the photon energy of an interference fringe by the bright section of an interference fringe. Thereby, the polymer layer 5 which mainly photopolymerized the bright section of an interference fringe is constituted. On the other hand, in the umbra of an interference fringe, since a monomer is consumed for the polymer formation in a bright section, the layer 6 containing many liquid crystal is formed as a result. This process is called optical induction phase separation. Orientation of the liquid crystal molecule gathering in the umbra of an interference fringe is carried out by the orientation film and the orientation restraining force according to an external control means in addition to this considering an optical axis as parallel to a linear interference fringe.

[0041] After this exposure process, immobilization or in order to destroy, ultraviolet rays are irradiated to a residual monomer or coloring matter. This is called a fixing process. It has this fixing process and the production process of a polarization selectivity hologram component is completed.

[0042] [1] The principle of operation of the polarization selectivity hologram optical element of the transparency mold produced by the above-mentioned manufacture approach is explained with reference to drawing 3 below -(2) principle of operation. This polarization selectivity hologram optical element consists of glass substrates 8 and 9, orientation film 7 and 7, and a hologram layer 4 as mentioned above.

Furthermore, the hologram layer 4 is in the condition that the anisotropy field 6 and the isotropic field 5 carried out the laminating in the direction which meets the principal plane section of the glass substrates 8 and 9 by turns.

[0043] To this polarization selectivity hologram optical element, as shown in drawing 3, the case where P polarization light 1 and S polarization light 2 shine incident angle  $\theta_{in}$  is considered. This incident angle  $\theta_{in}$  is [ both ] an include angle within the field where incident light and the diffracted light exist.

[0044] Since the optical axis of the liquid crystal molecule in the anisotropy field 6 are \*\*\*\* parallel (they are \*\*\*\* parallel to an interference fringe) to the interface of \*\*\*\* parallel, and the isotropic field 5 and the anisotropy field 6 to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element, the refractive index of the anisotropy field 6 to P polarization light 1 which carried out incidence does not depend on incident angle  $\theta_{in}$ , but always turns into the ordinary index  $n_o$  of the anisotropy field 6. On the other hand, the refractive index of the isotropic field 5 always serves as  $n_{Poly}$ . Here,  $n_o$  and  $n_{Pol}$  are equal ( $n_o = n_{Poly}$ ) or it becomes possible by designing that the difference of  $n_o$  and  $n_{Pol}$  is 0.01 or less to lose the diffraction to P polarization light 1 which carries out incidence.

[0045] Moreover, about the refractive index of the anisotropy field 6 to S polarization light 2 which carried out incidence, since the optical axis of the liquid crystal molecule in the anisotropy field 6 are \*\*\*\* parallel to the interface of \*\*\*\* parallel, and the isotropic field 5 and the anisotropy field 6 to the light-receiving side of this polarization selectivity hologram optical element, it does not depend on incident angle  $\theta_{in}$ , but always becomes the extraordinary-ray refractive index  $n_e$  of the anisotropy field 6. On the other hand, the refractive index of the isotropic field 5 always serves as  $n_{poly}$ . Here,  $n_e$  and  $n_{Pol}$  are equal (it begins, when the liquid crystal ingredient which has a negative index ellipsoid used as  $n_e < n_o$  is usually used for this,  $n_e = n_{Poly}$  and, and it becomes possible.), or it becomes possible by designing that the difference of  $n_o$  and  $n_{Pol}$  is 0.01 or less to lose the diffraction to S polarization light 2 which carries out incidence.

[0046] Here, refractive-index modulation factor  $\Delta n$  of this polarization selectivity hologram optical element to S polarization light 2 which will carry out incidence supposing  $n_o$  and  $n_{Pol}$  are equal always



becomes the value shown below as mentioned above.

[0047] Supposing  $\Delta n = |n_e - n_o|$ , and  $n_e$  and  $n_{Pol}$  are equal, refractive-index modulation factor  $\Delta n$  of this polarization selectivity hologram optical element to P polarization light 1 which carries out incidence will always become the value shown below.

[0048] In the polarization selectivity hologram optical element concerning  $\Delta n = |n_e - n_o|$  this invention As shown in drawing 4, the refractive index to S polarization light of the isotropic field 5 (field 1) is set to  $n_{S1}$ . When this is set to 1.5 [ equal to  $n_o$  ], the refractive index to S polarization light of the anisotropy field 6 (field 2) is set to  $n_{S2}$  and this is set to 1.65 [ equal to  $n_e$  ], as follows, refractive-index modulation factor  $\Delta n$  to S polarization does not depend on incident angle  $\theta_{in}$ , but is always set to 0.15.

[0049] Since the order parameter of the liquid crystal which  $n_{S1} = n_o = 1.5$ ,  $n_{S2} = n_e = 1.65$ ,  $\Delta n = |1.65 - 1.5| = 0.15$ , however separating into a liquid crystal phase and a macromolecule phase completely do not have, and is contained in a liquid crystal phase by optical induction phase separation as mentioned above is not 1, either, it is very difficult to realize the value (0.15) of this idealized  $\Delta n$ .

[0050] [2] The image display component of the reflective mold concerning gestalt this invention of operation of the image display component concerning this invention can constitute macromolecule distribution liquid crystal (henceforth "PDLC"), using the liquid crystal panel made from as a polarization selectivity hologram optical element, as shown in drawing 5.

[0051] In addition, the manufacture approach of this polarization selectivity hologram optical element and the principle of operation are the same as that of what was explained with the gestalt of operation of the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention mentioned above. In this image display component, all the various things of the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention mentioned above can be used.

[0052] This image display component is optically stuck to the reflective mold TN liquid crystal panel 11 which is a reflective mold space light modulation element by the polarization selectivity hologram optical element 10 in an interface 12, and is constituted.

[0053] The laminated structure of the isotropic field 5 of the polarization selectivity hologram optical element 10 and the anisotropy field 6 in the gestalt of this operation is manufactured by the interference fringe by the exposure of a reference beam 14 which carries out incidence by the body light 13 and incident angle  $\theta_{in-air}$  which carry out incidence at 0 degree of incident angles as shown in drawing 5.

[0054] Here, angle-of-inclination  $\theta_{int}$  of the interference fringe in this polarization selectivity hologram optical element 10 is calculated. As an assumption, in  $n_{gla}$  and the average refractive index of 4 (liquid crystal layer), since it is easy, if the refractive index of the glass substrate 8 is similarly set to  $n_{gla}$ , the following relation will be materialized [ refractive index ].

[0055]  

$$n_{gla} \cdot \sin[\theta_{in-med}] = \sin[\theta_{in-air}]$$

However,  $\theta_{in-med}$  is an incident angle in the inside of a medium.  $n_{gla}$  is 1.5, and supposing  $\theta_{in-air}$  is 60 degrees,  $\theta_{in-med}$  will become 35.3 degrees from this formula. From this, angle-of-inclination  $\theta_{int}$  of an interference fringe is calculated as follows.

[0056] The principle of operation of  $\theta_{int} = \theta_{in-med} / 2 = 17.7$  degrees, next this image display component is explained. Here, the playback light 14 containing both P polarization component and S polarization component considers the case where incidence is carried out from the glass substrate 8 of the polarization selectivity hologram optical element 10 by incident angle  $\theta_{in-air}$ .

[0057] Here, playback light is refracted in the plane of incidence of the glass substrate 8, then carries out incidence to the hologram layer 4 in incident angle  $\theta_{in-med}$ . at this time, as mentioned above, S polarization light diffracts in this polarization selectivity hologram optical element 10 -- having -- the reflective mold TN liquid crystal panel 11 -- receiving -- \*\*\*\* -- incidence is carried out as perpendicular incident light 15.

[0058] This reflective mold TN liquid crystal panel 11 has the glass substrate 16 of a pair, and structure whose TN liquid crystal layer 18 was pinched among 17. The interface of the field of one side of TN liquid crystal layer 18 and the glass substrate 17 is the aluminum reflector 19. In this reflective mold TN liquid crystal panel 11, the glass substrate 16 and TN liquid crystal layer 18 by the side of the polarization selectivity hologram optical element 10 are penetrated, and it is reflected in the aluminum reflector 19, it becomes irregular by penetrating TN liquid crystal layer 18 again, and re-incidence of the incident light 15 is carried out to the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10.

[0059] Thus, the reflected light by the reflective mold TN liquid crystal panel 11 which carried out re-incidence to the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10 injects the

incident light way of the playback light 14 perpendicularly from the polarization selectivity hologram optical element 10 as a injection light 21 as a injection light 20 by diffracting S polarization component in the hologram layer 4 again, without return and P polarization component being diffracted by hard flow in the hologram layer 4.

[0060] On the other hand, incidence of the P polarization component of the playback light 14 is carried out to the reflective mold TN liquid crystal panel 11 in incident angle  $\theta_{\text{in}} - \text{med}$  as it is, without diffracting in the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10. Although this P polarization component receives the modulation of a polarization condition by passing TN liquid crystal layer 18 of the reflective mold TN liquid crystal panel 11 The reflected light 22 reflected in the aluminum reflector 19 Since it is a hologram with the thick hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10, it does not agree on diffraction conditions. Of course, P polarization component penetrates this polarization selectivity hologram optical element 10, without also almost diffracting S polarization component in the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10.

[0061] In addition, even if a part of S polarization component modulated with the reflective mold TN liquid crystal panel 11 of the P polarization components of the playback light 14 is diffracted in the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10 or [ making the injection direction of this diffracted light into the injection direction of the injection light 21 (P polarization component modulated with the reflective mold TN liquid crystal panel 11 of the S polarization components of the playback light 14) injected by the \*\*\*\* perpendicular from the polarization selectivity hologram optical element 10, and a fully different direction ] -- or These diffracted lights and the injection light 21 are separable good by installing the polarizing plate which makes the polarization component which this injection light 21 mainly has penetrate alternatively into the optical path of this injection light 21.

[0062] Here, a thick hologram is explained. Generally as a definition of a thick hologram, the Q value shown below considers as ten or more things in many cases. In addition, as a reference document which explains this Q value in full detail, there are the Junpei work in a crossing, "holography" (Shokabo Publishing), etc.

[0063]  $Q = 2\pi \lambda d / (n \lambda d \lambda)$

Here,  $\lambda$  is [ the thickness of a hologram layer,  $n$ , the average refractive index of a hologram layer, and  $\lambda$  of playback wavelength and  $t$  ] the pitches of an interference fringe. Moreover, the pitch  $\lambda$  of an interference fringe is shown as follows.

[0064]

$\lambda = \lambda d / |2 \sin[(\theta - \theta_r) / 2]|$  -- here,  $\lambda d$  is [ the incident angle of body light and  $\theta_r$  of manufacture wavelength and  $\theta$  ] the incident angles of a reference beam.

[0065] From these formulas, in  $\lambda d = 0.55$  micrometers and  $\theta$ , when 0.55 micrometers and  $t$  are set to 5 micrometers and  $n$  is set to 1.5, the pitch  $\lambda$  of an interference fringe is set to 0.55 micrometers,  $Q$  is set to 38.1, and it is [  $r / 60$  degrees and  $\theta / \lambda / 0$  degree and ] applied to the definition of a thick hologram.

[0066] Although a thick hologram has high diffraction efficiency, if the conditions of playback light separate, it has the property that diffraction efficiency falls rapidly, from conditions, such as an incident angle of the operating wavelength at the time of manufacture, body light, and a reference beam. That is, in a certain playback wavelength, when the incident angle of playback light separates greatly from the incident angle from which diffraction efficiency serves as a peak, it will be said that the diffraction effect is not expressed. Therefore, as mentioned above, the reflected reflected light 22 by the aluminum reflector 19 of the reflective mold TN liquid crystal panel 11 of P polarization component of the playback light 14 is hard to be diffracted in the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10, even if it becomes irregular in this reflective mold TN liquid crystal panel 11 even if and has S polarization component.

[0067] Moreover, in the polarization selectivity hologram optical element 10 concerning this invention, bend angle  $|\theta - \theta_r|$  is set as 30 degrees or more that the pitch  $\lambda$  of an interference fringe should be made small for the purpose of acquiring high diffraction efficiency. However, if a vent angle is too large like 80 degrees or more, the range will become small whenever [ wavelength band / which generates the diffraction effect / and incident angle ], and efficiency for light utilization will fall.

[0068] Here, playback light incident angle  $\theta_{\text{in}} - \text{air}$  to the polarization selectivity hologram optical element 10 and incident angle  $\theta_{\text{in}} - \text{med}$  to the hologram layer 4 of this polarization selectivity hologram optical element 10 are considered. Both relation is the relation shown below as mentioned above.

[0069]

$$\text{n gla-sin}[\text{thetain-med}]=\text{sin}[\text{thetain-air}]$$

Here, if its attention is paid to both rate of change, when 10 degree of playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  will change from 55 degrees to 65 degrees, for example, using the refractive index  $\text{n gla}$  of the glass substrate 8 as 1.5, incident angle  $\text{thetain-med}$  to the hologram layer 4 remains in change (33.1 to 37.2 degrees, and 4.1 degrees). When 10 degree of playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  change from 65 degrees to 75 degrees, incident angle  $\text{thetain-med}$  to the hologram layer 4 serves as change (37.2 to 40.1 degrees, and 2.9 degrees). This is exactly moving the large place of the rate of change of a sign function to the small place of rate of change by applying a certain scale factor (in this case, inverse number of the refractive index  $\text{n gla}$  of the glass substrate 8). This means that homogeneous degradation depending on the playback light incident angle of the diffraction efficiency of the polarization selectivity hologram optical element 10 and decline in diffraction efficiency are reduced as mentioned above.

[0070] Moreover, the rate of change to playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  of incident angle  $\text{thetain-med}$  to such a hologram layer 4 becomes so small that the refractive index  $\text{n gla}$  of the glass substrate 8 is large. For example, when the refractive index  $\text{n gla}$  of the glass substrate 8 is 1.73 and playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  changes from 55 degrees to 65 degrees, incident angle  $\text{thetain-med}$  to the hologram layer 4 remains in change (28.3 to 31.6 degrees, and 3.3 degrees).

[0071] However, if playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  to the polarization selectivity hologram optical element 10 becomes too much large like 75 degrees or more, for example, the surface reflection factor in the plane of incidence of the glass substrate substrate 88 will become large, and it will become difficult to stop this small with an antireflection film etc.

[0072] So, when playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  to the polarization selectivity hologram optical element 10 exceeds 75 degrees, as shown in drawing 6, it is effective to use the coupling prism 23. This coupling prism 23 is formed with the same ingredient as the substrate 8 by the side of playback light incidence, and on the plane of incidence of the playback light 14 of the polarization selectivity hologram optical element 10, it is joined to this plane of incidence, and it is arranged. This coupling prism 23 has the playback light plane of incidence which inclined to the plane of incidence of the playback light 14 of the polarization selectivity hologram optical element 10.

[0073] Thus, when the coupling prism 23 is used, playback light incident angle  $\text{thetain-air}$  to the polarization selectivity hologram optical element 10 becomes equal to playback light incident angle  $\text{thetain-med}$  to the hologram layer 4. Therefore, when hologram layer 4 the very thing does not have tolerance large enough about whenever [ incident angle / of playback light ], efficiency for light utilization will fall.

[0074] Then, in the image display component of the reflective mold concerning this invention, in using the coupling prism 23, it has specified the incident angle to the polarization selectivity hologram optical element 10 from which a bend angle becomes 30 degrees or more in the conditions of making the reflective mold space light modulation element 11 carry out incidence of the diffracted light in the hologram layer 4 of the polarization selectivity hologram optical element 10 to a \*\*\*\* perpendicular, i.e., 30 degrees, as the minimum incident angle to this polarization selectivity hologram optical element 10.

[0075] moreover, in order to maintain high diffraction efficiency to the playback light of high bandwidth As shown in drawing 7, by carrying out the laminating of two or more polarization selectivity hologram optical elements 10r, 10g, and 10b Divide the wavelength band of the playback light 14 into plurality, and it is made to diffract in one polarization selectivity hologram optical element which corresponds about each band, and considers as the illumination light which carries out incidence at a \*\*\*\* perpendicular and which is illuminated about each wavelength band at the reflective mold space light modulation element 11.

[0076] In the gestalt of operation shown here, although the polarization selectivity hologram optical element is three layers, in this image display component, it is good also considering a polarization selectivity hologram optical element as four or more layers, and good also as two-layer.

[0077] Moreover, also when the range is large, in order to maintain high diffraction efficiency whenever [ incident angle / of the playback light 14 ], the laminating of two or more polarization selectivity hologram optical elements from which the acceptance range of whenever [ incident angle / of playback light ] differs is carried out, and it is good in each polarization selectivity hologram optical element to make it make it diffract about the playback light of the range whenever [ corresponding to each / incident angle ].

[0078] Furthermore, an image display component with the large and target wavelength band and the large acceptance include angle which is whenever [ playback light incident angle ] is realizable by carrying out the laminating of the polarization selectivity hologram optical element from which both a diffracted-wave length band and the acceptance range of whenever [ playback light incident angle ] differ mutually, or making it superimpose by multiplex exposure.

[0079] [3] In the image display device concerning the gestalt and this invention of operation of the image display device (projection mold) concerning this invention, all the various things of the image display component concerning this invention mentioned above can be used. As an image display device concerning this invention, as shown in drawing 8, it can constitute as an image display device of the color projection mold which has the reflective mold TN perpendicular orientation liquid crystal panel of three sheets as a reflective mold space light modulation element.

[0080] In this image display device, incidence of the illumination light emitted from the source 24 of the illumination light is carried out to the illumination-light study system 25. This illumination-light study system 25 has functions, such as amendment of the flux of light cross-section configuration of the illumination light, strong equalization, and angle-of-divergence control. Moreover, this illumination-light study system 25 has the polarization conversion means 26, and by rotating 90 degrees of polarization bearings of P polarization component of the illumination light, the incident light to the polarization selectivity hologram optical element mentioned later changes it into S polarization light, and is raising efficiency for light utilization so that it may become for example, S polarization light.

[0081] Through the polarizing plate 27 which makes S polarization light penetrate alternatively, the flux of light which passed the illumination-light study system 25 can bend an optical path in a mirror 28, and it carries out incidence to the polarization selectivity hologram optical element 10. This polarization selectivity hologram optical element 10 is constituted by five hologram layers from which the wavelength band of the target playback light and the acceptance range of whenever [ incident angle / of playback light ] differ mutually. In this polarization selectivity hologram optical element 10, S polarization component light of the playback light is diffracted so that it may inject from this polarization selectivity hologram optical element 10 to a \*\*\*\* perpendicular, and it carries out incidence to the dichroic prism block 29.

[0082] In this dichroic prism block 29, when blue component light is reflected by blue glow reflective thin film 29b and green component light is reflected by 29g of green light reflective thin films, the spectrum of the S polarization component light of the playback light which carried out incidence is carried out to each color of R(red) G(green) B (blue).

[0083] Incidence of each color component light by which the spectrum was carried out in the dichroic prism block 29 is carried out to a \*\*\*\* perpendicular to the reflective mold space light modulation elements 11r, 11g, and 11b corresponding to each color, respectively, and in these reflective mold space light modulation elements 11r, 11g, and 11b, for every color component light, it has a polarization condition modulated and is reflected for every pixel again.

[0084] Incidence of each color component light modulated in each reflective mold space light modulation elements 11r, 11g, and 11b is again carried out to the cross dichroic prism block 29, it is re-compounded, and carries out incidence to the polarization selectivity hologram optical element 10. At this time, P polarization component light is penetrated without diffracting, and S polarization component light is diffracted and returns to the illumination-light study system 25 side. P polarization component light penetrated without diffracting in the polarization selectivity hologram optical element 10 carries out incidence of the P polarization light to the incident light study system 31 through the polarizing plate 30 made to penetrate alternatively. Image formation of this incident light study system 31 is carried out as an image on the screen which does not illustrate the flux of light by which incidence was carried out. The image by which image formation is carried out on a screen is an image formed of the modulation for every pixel in each reflective mold space light modulation elements 11r, 11g, and 11b.

[0085] The illumination-light study system 25 carries out incidence of the illumination light emitted from the source 24 of the illumination light through a mirror 28 to the normal of the illumination-light light-receiving side of the polarization selectivity hologram optical element 10 in 30-degree or more less than 90-degree incident angle. And the polarization selectivity hologram optical element 10 makes this P polarization component penetrate 70% or more, when the diffraction efficiency over P polarization component of the illumination light which these reflective mold space light modulation elements 11r, 11g, and 11b became irregular, and carried out re-incidence is 10% or less while making the reflective mold space light modulation elements 11r, 11g, and 11b turn and diffract S polarization component of the illumination light by having an above-mentioned configuration. This is the same also in the gestalt of each operation described below.

[0086] In addition, the illumination-light study system 25 is good also as having the polarization selectivity hologram optical element 10 and the polarization selectivity hologram optical element for amendment which has the bend angle of an opposite sign. This is the same also in the gestalt of each operation described below.

[0087] Moreover, the image display device concerning this invention can also be constituted using a transparency mold liquid crystal space light modulation element, as shown in drawing 9. In this image display device, incidence of the flux of light injected from the source 24 of a lamp light is carried out to the illumination-light study system 25 which has functions, such as amendment of a flux of light cross-section configuration, strong equalization, and angle-of-divergence control. The P-S polarization converter 26 which has the function to arrange with polarization of P polarization or S polarization either the flux of light in the condition of not polarizing, at 50% or more of effectiveness is contained in this illumination-light study system 25. In the case of the gestalt of this operation, the flux of light which passed the illumination-light study system 25 is changed so that it may become S polarization to the polarization condition 10, i.e., the polarization selectivity hologram optical element of a polarization separation component which carries out incidence continuously, that an electric vector vibrates in the direction perpendicular to space in drawing 9.

[0088] By the polarization selectivity hologram optical element 10, that S polarization component goes straight on, without diffracting, and the flux of light which injected the illumination-light study system 25 is injected from a total reflection prism 40 in the 3rd optical surface 42, after carrying out incidence and changing 90-degree travelling direction into a total reflection prism 40 from the 1st optical surface in the 2nd optical surface (total reflection side) 41 of this total reflection prism 40. The polarization selectivity hologram optical element 10 is stuck optically in the 1st optical surface of a total reflection prism 40.

[0089] P polarization light which remained without being changed by the P-S polarization converter 26 is diffracted in the direction of arrow-head A in drawing 9 by the polarization selectivity hologram optical element 10, and is injected from a total reflection prism 40 in the 2nd optical surface (total reflection side) 41. For this reason, as for the illumination light injected from a polarization separation component, that most serves as S polarization light. Through a condensing lens 43, 90 degrees of travelling directions of green light and red light are bent, then, as for this illumination light, only green light is reflected by the dichroic mirror 44 of green and a red light reflex with the dichroic mirror 45 of green light reflection.

[0090] Thus, the illumination light is divided into blue (B) and each green (G) and red (R) colored light. Incidence of the blue (B) colored light is carried out to the transparency mold liquid crystal space light modulation element (for blue) 55 through a condensing lens 52, a mirror 53, and a condensing lens 54. Incidence of the green (G) colored light is carried out to the transparency mold liquid crystal space light modulation element (for green) 57 through a condensing lens 56. Incidence of the red (R) colored light is carried out to the transparency mold liquid crystal space light modulation element (for red) 51 through a condensing lens 46, a mirror 47, a condensing lens 48, a mirror 49, and a condensing lens 50.

[0091] Color composition is carried out in the cross dichroic prism 58, and the illumination light which penetrated each transparency mold liquid crystal space light modulation elements 55, 57, and 51 is projected on the screen which is not illustrated by the incident light study system 31.

[0092] In this image display device, since the incident light to each transparency mold liquid crystal space light modulation elements 55, 57, and 51 is already detected by S polarization light with the polarization separation component and it does not almost have absorption with the polarizing plate by the side of the incidence of the transparency mold liquid crystal space light modulation elements 55, 57, and 51, when it enables it to project a bright image using the high power light source, it can realize the image and dependability of high contrast.

[0093] Furthermore, the image display device concerning this invention can also be constituted as an image display device of a color projection mold, using one reflective mold FLC panel 11 as a reflective mold space light modulation element, as shown in drawing 1010.

[0094] In this image display device, incidence of the illumination light emitted from the source 24 of the illumination light is carried out to the illumination-light study system 25 which has functions, such as amendment of a flux of light cross-section configuration, strong equalization, and angle-of-divergence control. This illumination-light study system 25 is equipped with the polarization conversion means which is not illustrated. Moreover, in the illumination-light study system 25, the color wheel 59 used as a time amount sequential wavelength band change means is formed. This color wheel 59 carries out time sharing of the white light emitted from the source 24 of the illumination light to the spectrum component of red light, green light, and blue glow, it is the veneer of the reflective mold FLC panel 11 by this, and the color display by the field sequential color technique of it becomes possible.

[0095] Incidence of the illumination light is carried out to the polarization selectivity hologram optical element 10 through a mirror 28. Many are diffracted, S polarization component of this illumination light can change the travelling direction of light, and without diffracting, P polarization light goes straight on and is

penetrated. Therefore, in the 2nd optical surface 41 of 3 angle prism 40 which was made to stick the 1st optical surface to this polarization selectivity hologram optical element 10, and was arranged, total reflection of the S polarization component which is the non-diffracted light (zero-order light) is carried out, and it is injected from the 3rd optical surface (injection side), and does not carry out incidence to the reflective mold FLC panel 11.

[0096] On the other hand, after injecting S polarization light which is the diffracted light in the polarization selectivity hologram optical element 10 from the 2nd optical surface 41 of 3 angle prism 40, incidence of it is carried out to the reflective mold FLC panel 11 through the prism 60 for amendment. Incidence of the illumination light which had the polarization direction modulated according to a display image in this reflective mold FLC panel 11 is again carried out to the polarization selectivity hologram optical element 10 through the prism 60 for amendment, and 3 angle prism 40. Here, many of S polarization components are diffracted, it is returned in the direction of incidence of the illumination light, and without diffracting, P polarization light goes straight on and is penetrated. Here, in the light which goes straight on, without diffracting in the polarization selectivity hologram optical element 10, since S polarization is also included, S polarization component is penetrated alternatively, namely, the polarizing plate 61 which intercepts P polarization component is prepared and detected. The beam of light which penetrated this polarizing plate 61 carries out image formation of the expansion image of the reflective mold FLC panel 11 on a screen 52 by the incident light study system 31.

[0097] In addition, the reflective mold space light modulation element 11 has the rectangular screen (polarization modulation field), and it is arranged so that the longitudinal direction a may be in agreement with the direction of an incident angle of the illumination light. This is for lessening the decrement of this effective width as much as possible, and enlarging efficiency for light utilization, in order that the effective width of the incidence illumination light may decrease, when the illumination light which carries out incidence to the level orientation polarization selectivity hologram optical element 10 carries out oblique incidence.

[0098] Moreover, since it is the same, the longitudinal direction of the light-emitting part of the source 24 of the illumination light is made at right angles to space in drawing 10. Since a diffusion angle cannot become large easily when the one where a light-emitting part is smaller extracts the diameter of the flux of light, when carrying out incidence of the illumination light aslant from the invariant of the Lagrange-helmholtz to a space light modulation element like this invention, this is because it becomes effective, in order that taking the short die length of a light-emitting part may gather efficiency for light utilization in the direction which is in agreement in the direction of incidence.

[0099] Furthermore, the polarizing plate 61 is arranged with the angle of inclination opposite to these, in order to amend the aberration of the modulation light which astigmatism generated by having penetrated the polarization selectivity hologram optical element 10, the prism 60 for amendment, and 3 angle prism 40. Thereby, the astigmatism of modulation light can be canceled and clear image display can be performed.

[0100] [4] The image display device concerning the gestalt and this invention of operation of the image display device (virtual-image mold) concerning this invention can be constituted using virtual-image image formation optical system while using the reflective mold FLC panel 32 as a reflective mold space light modulation element, as shown in drawing 11.

[0101] In this image display device, the illumination light emitted from the light emitting diode light source 33 with a lens which emits light to sequential independence in three colors of red light, green light, and blue glow penetrates the polarizing plate 34 which makes P polarization component penetrate alternatively, and it carries out incidence to the polarization selectivity hologram optical element 10. This incident light is diffracted in the polarization selectivity hologram optical element 10, and carries out incidence to the reflective mold FLC panel 32 at a \*\*\*\* perpendicular.

[0102] It is reflected in the aluminum reflector 19 of the reflective mold FLC panel 32, and incidence of the illumination light which had the phase modulated by the reflective mold FLC panel 32 is again carried out to the polarization selectivity hologram optical element 10. Although P polarization component is again diffracted by the polarization selectivity hologram optical element 10 and it goes in the direction of the light emitting diode light source 33 at this time, S polarization component is penetrated as it is, without the polarization selectivity hologram optical element 10 diffracting. After S polarization light which penetrated the polarization selectivity hologram optical element 10 is detected with the polarizing plate 35 which makes S polarization component penetrate alternatively, incidence of it is carried out to the free sculptured surface prism 36 which constitutes virtual-image observation optical system from the free sculptured surface refracting interface 37.



[0103] In the 1st optical surface 38, total reflection of the light which carried out incidence into the free sculptured surface prism 36 is carried out, and subsequently, after being reflected in the 2nd free sculptured surface reflector 39, it penetrates the 1st optical surface 38 and is led to an observer's observation field 40. In order to enlarge the observation field 40 at this time, the interference fringe which starts a diffusion to P polarization component which arranges a diffusion plate between the light emitting diode light source 33 and a polarizing plate 34, or carries out incidence to this polarization selectivity hologram optical element 10 in the polarization selectivity hologram optical element 10 at the time of diffraction may be recorded beforehand.

[0104]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as compared with the refractive-index modulation mold polarization selectivity hologram component of the structure where the laminating of the isotropic field where it is the polarization selectivity hologram component of the refractive-index modulation mold which has the structure where the laminating of an isotropic optical field and the anisotropy field was carried out by turns, and the conventional refractive indexes differ was carried out by turns, polarization separability ability of the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention is improving.

[0105] Moreover, it sets to the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention. The optical axis of an anisotropy field to the plane of incidence of playback light by being \*\*\*\* parallel and carrying out orientation to \*\*\*\* parallel to the interface of an isotropic field and an anisotropy field. It compares with the refractive-index modulation mold polarization selectivity hologram component of the structure where the laminating of the isotropic field which does not have the refractive-index modulation mold polarization selectivity hologram component and the positive orientation regulation means of structure which the laminating of the conventional anisotropy field was carried out by turns, and the anisotropy field was carried out by turns. Decline in diffraction efficiency depending on the incident angle of playback light is controlled.

[0106] Moreover, in the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention, the polarization separation property and diffraction efficiency in a polarization selectivity hologram optical element are improved by controlling the orientation of this liquid crystal ingredient, using a liquid crystal ingredient as an anisotropic substance which exists in an anisotropy field.

[0107] Furthermore, in the polarization selectivity hologram optical element concerning this invention, dependability can be raised by stiffening this, using photo-curing mold liquid crystal as a liquid crystal ingredient, where orientation regulation is carried out.

[0108] And since a polarization beam splitter does not need to be used for the image display component and image display device concerning this invention as a lighting means of a reflective mold space light modulation element by being constituted using the image display component concerning above-mentioned this invention, it can constitute small and lightweight and problems, such as contrast of efficiency for light utilization and a display image and a manufacturing cost, are solved.

[0109] That is, this invention can offer the polarization selectivity hologram optical element made as [ acquire / a good polarization separation property ], not only when the incident angle of incoming beams is small, but when this incident angle becomes large.

[0110] Moreover, by using the polarization selectivity hologram optical element concerning above-mentioned this invention, this invention can be constituted small and lightweight, and its efficiency for light utilization is high, and its contrast of a display image is high, it is reliable, and can offer the image display component and image display device with which the manufacturing cost was held down.

---

[Translation done.]



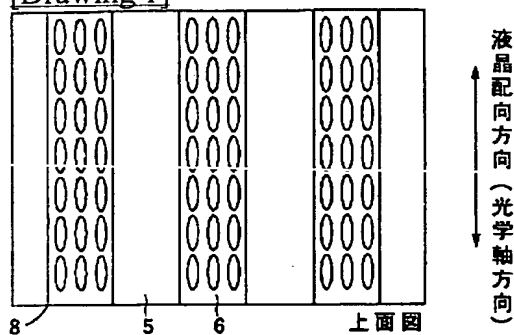
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

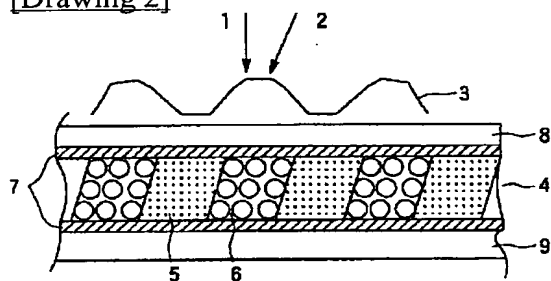
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

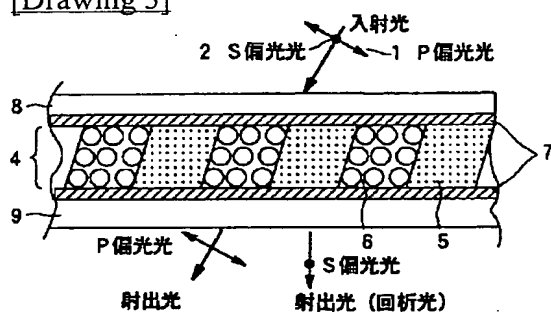
[Drawing 1]



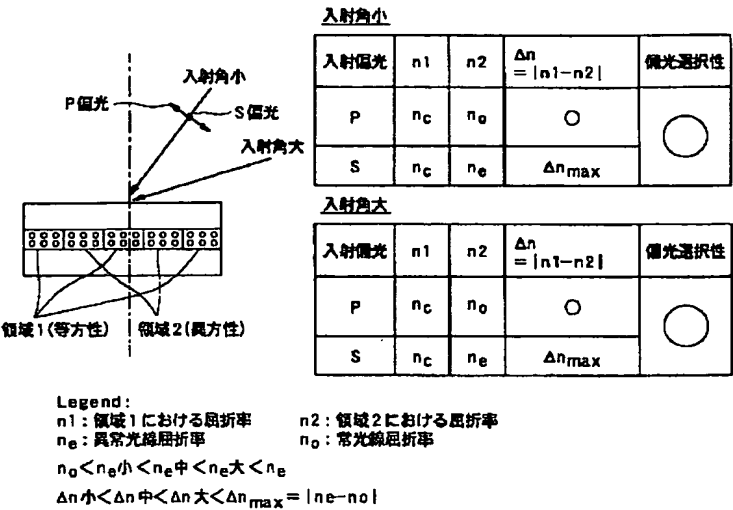
[Drawing 2]



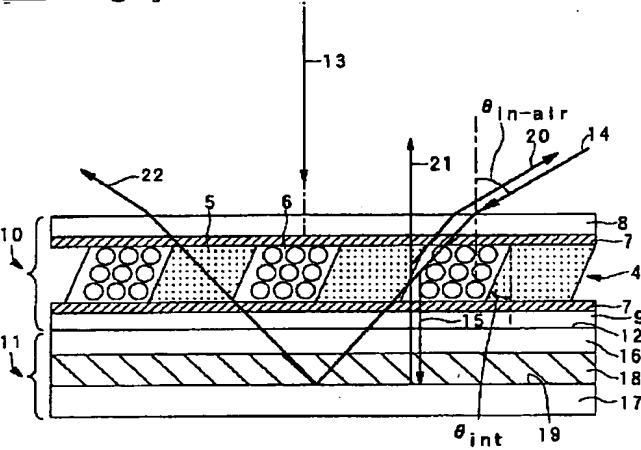
[Drawing 3]



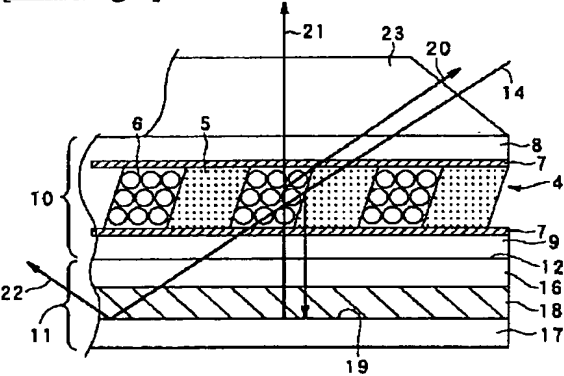
[Drawing 4]



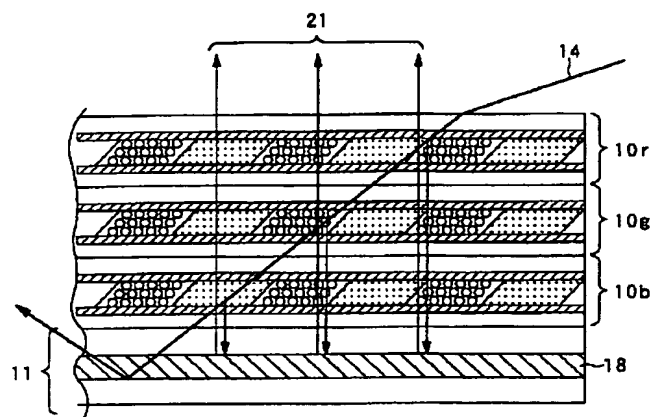
[Drawing 5]



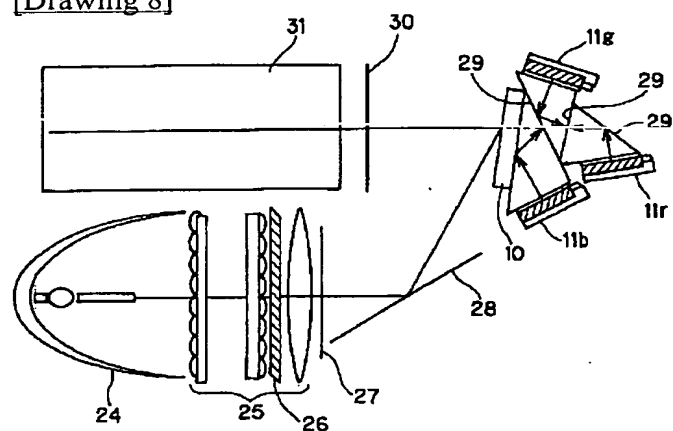
[Drawing 6]



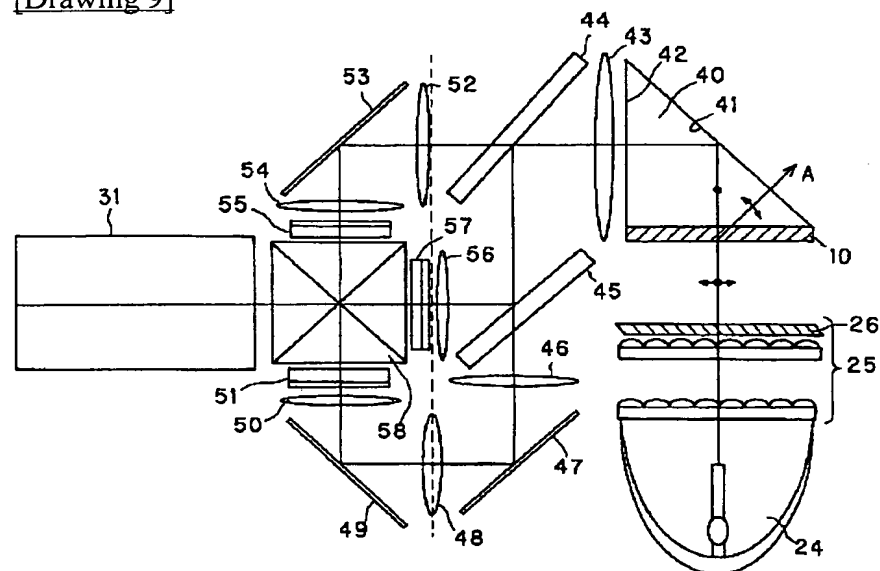
[Drawing 7]



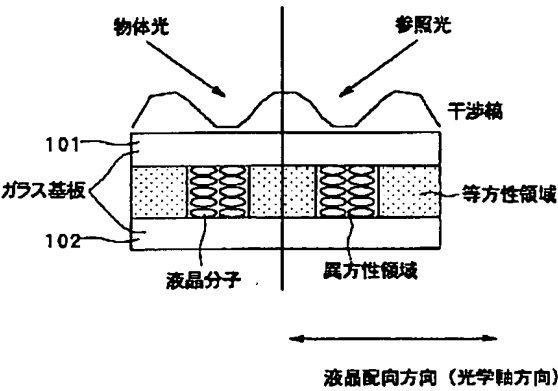
[Drawing 8]



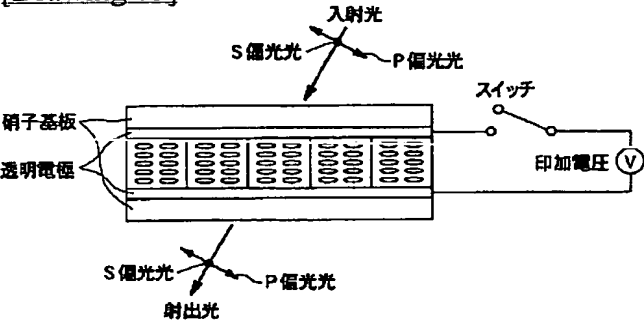
[Drawing 9]



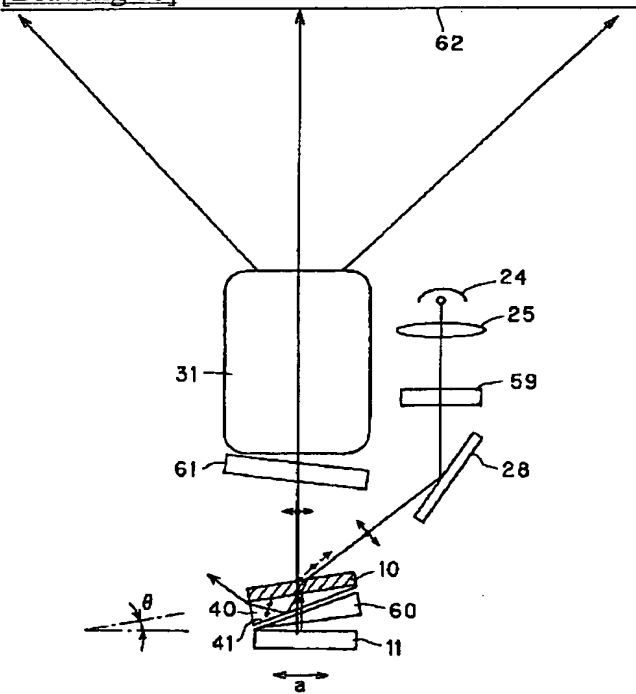
[Drawing 14]



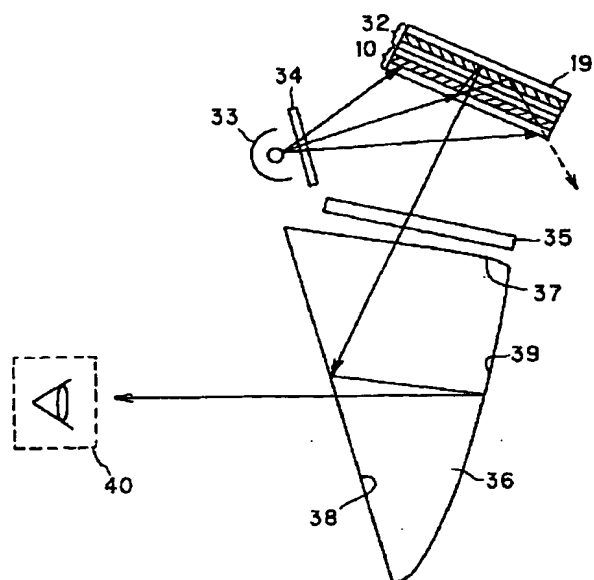
[Drawing 15]



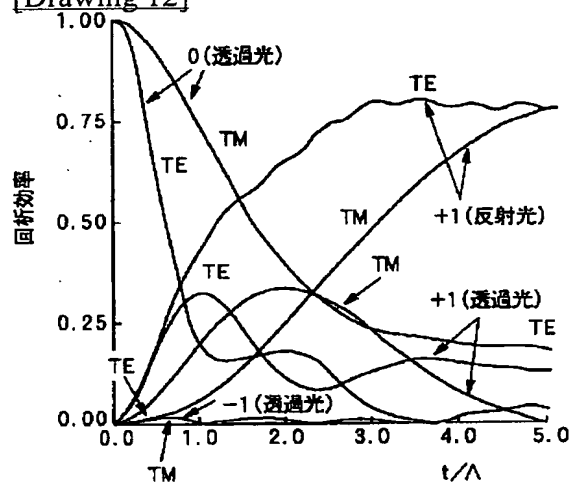
[Drawing 10]



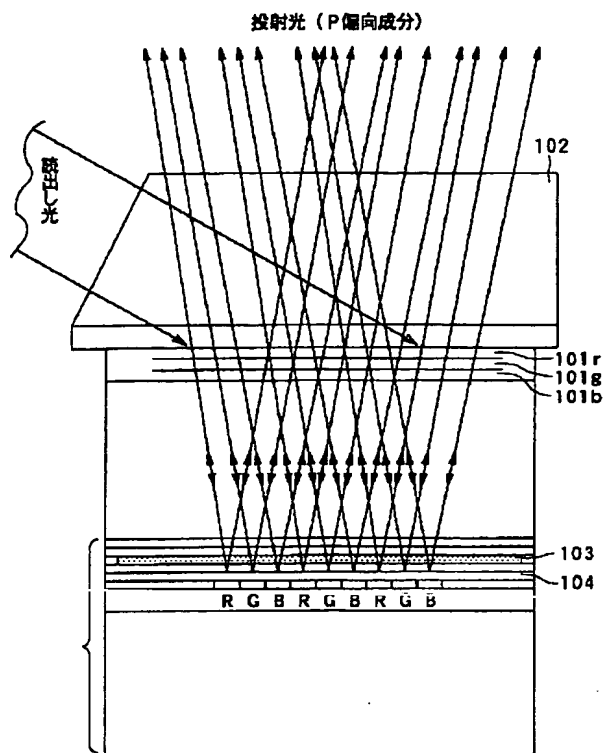
[Drawing 11]



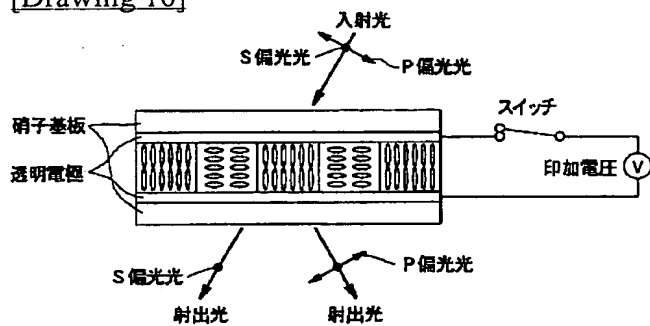
[Drawing 12]



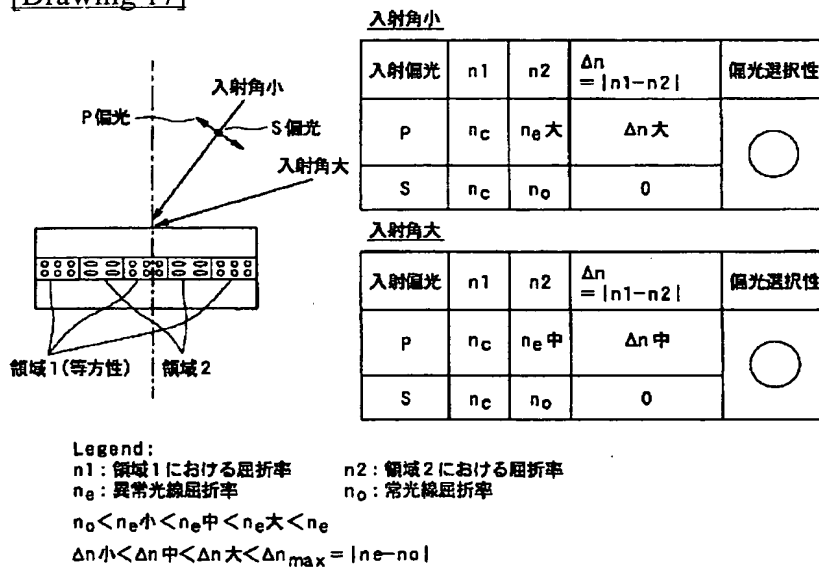
[Drawing 13]



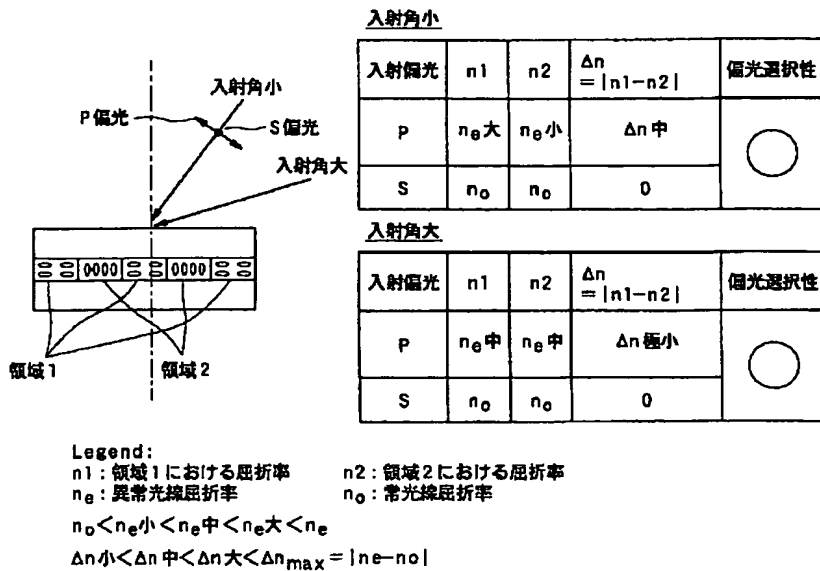
[Drawing 16]



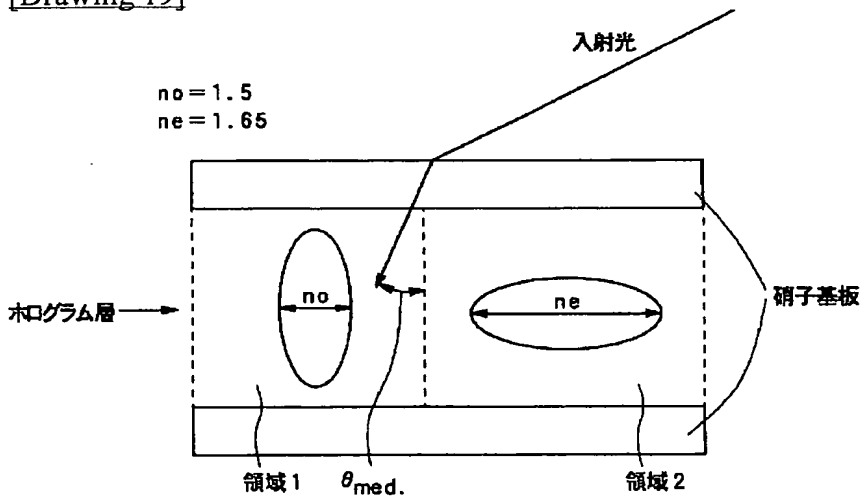
[Drawing 17]



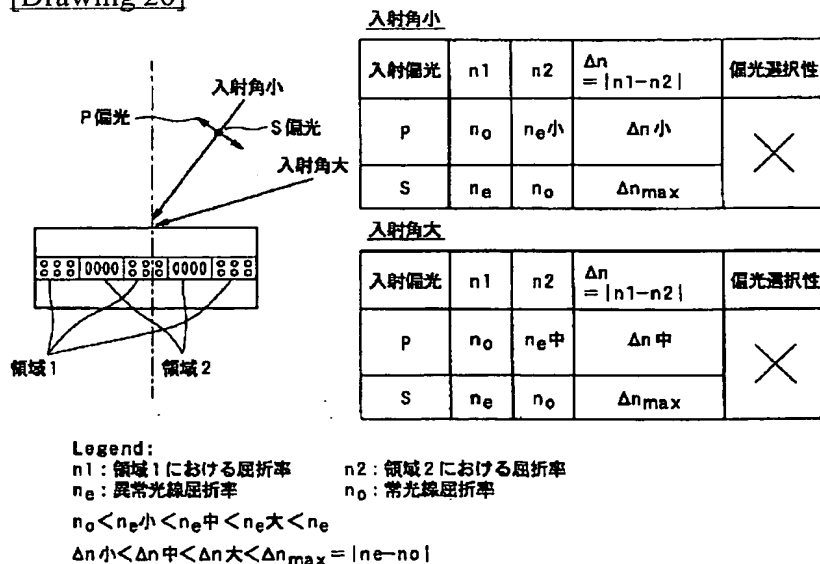
[Drawing 18]



[Drawing 19]

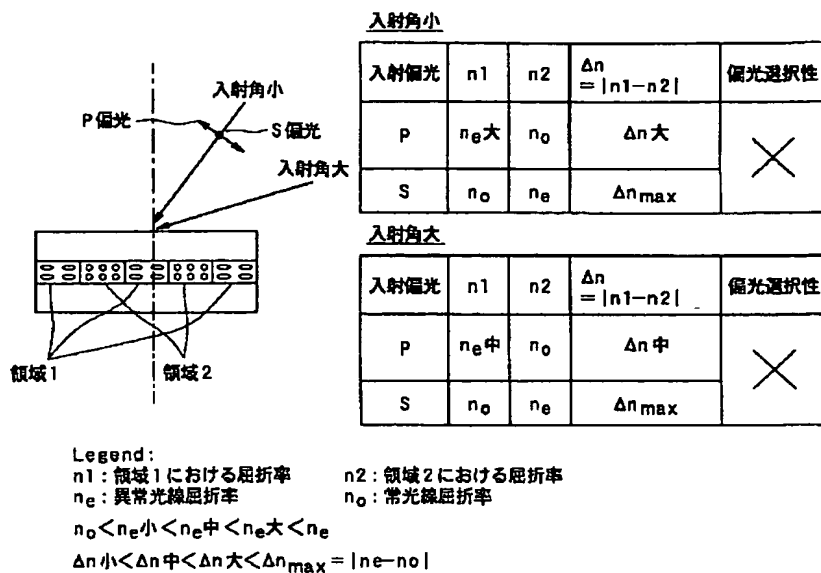


[Drawing 20]

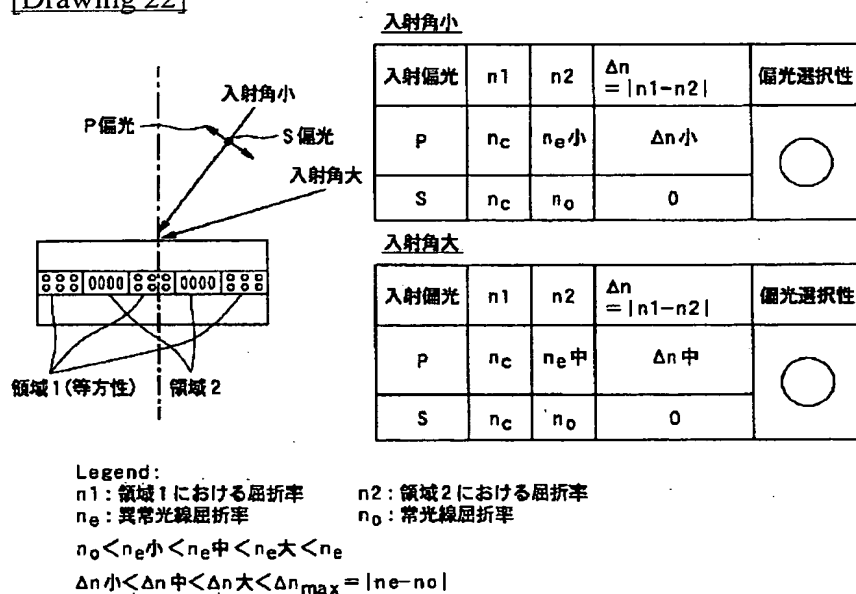


[Drawing 21]





[Drawing 22]



[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-221621

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 5/30  
G02B 5/32  
G02F 1/1335  
G03B 21/00  
G03H 1/04

(21)Application number : 2001-019091

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.01.2001

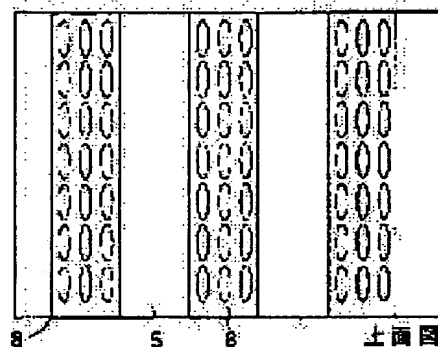
(72)Inventor : TAKEGAWA HIROSHI

## (54) POLARIZATION SELECTIVE HOLOGRAM OPTICAL ELEMENT, IMAGE DISPLAY ELEMENT AND IMAGE DISPLAY DEVICE

### (57)Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain good polarization separation characteristics not only when the incident angle of an incident beam is small but when the incident angle increases.

**SOLUTION:** The refractive index modulation type polarization selective hologram element has such a structure that optically anisotropic regions 5 and anisotropic regions 6 are alternately deposited. The optical axis of the anisotropic region 6 is aligned almost parallel to the entrance face for the reproducing light and almost parallel to the interface between the isotropic regions 5 and the anisotropic regions 6.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-221621  
(P2002-221621A)

(43) 公開日 平成14年8月9日 (2002.8.9)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード*(参考)	
G 0 2 B	5/30	G 0 2 B	5/30	2 H 0 4 9
	5/32		5/32	2 H 0 9 1
G 0 2 F	1/1335	G 0 2 F	1/1335	2 K 0 0 8
G 0 3 B	21/00	G 0 3 B	21/00	E
G 0 3 H	1/04	G 0 3 H	1/04	
審査請求 未請求 請求項の数94 O L (全 22 頁)				

(21) 出願番号 特願2001-19091(P2001-19091)

(22) 出願日 平成13年1月26日 (2001.1.26)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 武川 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

Fターム (参考) 2H049 BA05 BA46 BB03 BB63 BC01

BC05 BC06 BC22 CA05 CA11

CA28

2H091 FA19Y HA09 LA30

2K008 AA00 BB03 BB08 DD12 DD13

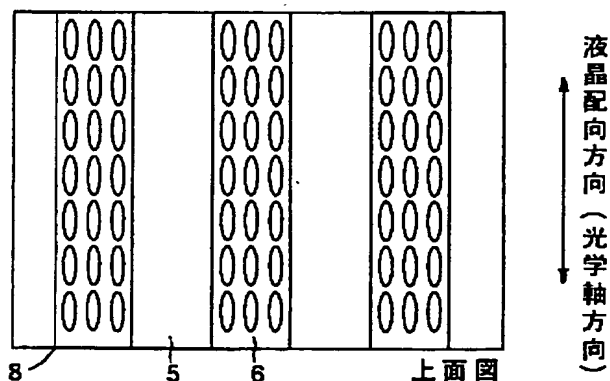
EED1 HH01

(54) 【発明の名称】 偏光選択性ホログラム光学素子、画像表示素子及び画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 入射光束の入射角が小さい場合のみならず、入射角が大きくなった場合においても、良好な偏光分離特性が得られるようにする。

【解決手段】 光学的な等方性領域5と異方性領域6とが交互に積層された構造を有する屈折率変調型の偏光選択性ホログラム素子であって、異方性領域6の光学軸を、再生光の入射面に対し略々平行で、かつ、等方性領域5と異方性領域6との境界面に対し略々平行に配向させた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 枚の光学基板間に、屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に、該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成された透過型の偏光選択性ホログラム光学素子であって、

上記異方性領域の光学軸は、この偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行であり、かつ、前記等方性領域と前記異方性領域との境界面に対し略々平行に配向され、

前記異方性領域の常光線屈折率と前記等方性領域の屈折率との差が 0.01 以下であることを特徴とする偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 2】 等方性領域は、主に光重合性高分子材料または熱重合性高分子材料により構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 3】 異方性領域は、液晶材料を含むことを特徴とする請求項 1 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 4】 液晶材料は、配向規制手段により配向制御されていることを特徴とする請求項 3 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 5】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 4 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 6】 液晶材料は、光硬化性液晶であって、未硬化の状態において配向規制手段により配向制御され、該光硬化性液晶を硬化させる波長の光線を照射されたことにより硬化していることを特徴とする請求項 3 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 7】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 6 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 8】 2 枚の光学基板は、透明電極を有し、これら透明電極への印可電圧により発生する電界により、異方性物質の光学軸方位を可変制御することを特徴とする請求項 1 記載の偏光選択性ホログラム光学素子。

【請求項 9】 2 枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され、入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性

ホログラム光学素子と、

上記偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照明光の偏光状態を交調して反射する反射型空間光変調素子とを備え、

上記偏光選択性ホログラム光学素子は、上記異方性領域の光学軸が、この偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行であり、かつ、等方性領域と異方性領域との境界面に対して略々平行に配向されており、上記照明光がこの偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して  $30^\circ$  以上  $90^\circ$  未満の入射角を有して入射され、この照明光の S 偏光成分を上記反射型空間光変調素子に向けて主に回折するとともに、該反射型空間光変調素子により変調されて再入射した照明光のうち P 偏光成分に対する回折効率が  $10\%$  以下であることにより、この P 偏光成分を  $70\%$  以上透過させることを特徴とする画像表示素子。

【請求項 10】 等方性領域は、主に光重合性高分子材料または熱重合性高分子材料により構成されていることを特徴とする請求項 9 記載の画像表示素子。

20 【請求項 11】 異方性領域は、液晶材料を含むことを特徴とする請求項 9 記載の画像表示素子。

【請求項 12】 液晶材料は、配向規制手段により配向制御されていることを特徴とする請求項 11 記載の画像表示素子。

30 【請求項 13】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 12 記載の画像表示素子。

【請求項 14】 液晶材料は、光硬化性液晶であって、未硬化の状態において配向規制手段により配向制御され、該光硬化性液晶を硬化させる波長の光線を照射されたことにより硬化していることを特徴とする請求項 11 記載の画像表示素子。

40 【請求項 15】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 14 記載の画像表示素子。

【請求項 16】 2 枚の光学基板は、透明電極を有し、これら透明電極への印可電圧により発生する電界により、異方性物質の光学軸方位を可変制御することを特徴とする請求項 9 記載の画像表示素子。

【請求項 17】 偏光選択性ホログラム光学素子のホログラム面に対する照明光の入射角と回折光の射出角との差であるベンド角が  $30^\circ$  以上であることを特徴とする請求項 9 記載の画像表示素子。

50 【請求項 18】 偏光選択性ホログラム光学素子にお

る回折光は、この偏光選択性ホログラム光学素子の照明光入射面の法線に対して傾いて射出することを特徴とする請求項9記載の画像表示素子。

【請求項19】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項9記載の画像表示素子。

【請求項20】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項9記載の画像表示素子。

【請求項21】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラムが1つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項9記載の画像表示素子。

【請求項22】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラムが1つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項9記載の画像表示素子。

【請求項23】 偏光選択性ホログラム光学素子と反射型空間光変調素子とは、光学的に密着されて一体的に構成されていることを特徴とする請求項9記載の画像表示素子。

【請求項24】 照明光を放射する光源と、2枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され、入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性ホログラム光学素子と、

上記偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照明光の偏光状態を変調して反射する反射型空間光変調素子と、

上記照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子に導く照明光学系と、

上記反射型空間光変調素子により変調された照明光をスクリーン上に投射する投射光学系とを備え、

上記照明光学系は、上記光源より放射された照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して30°以上90°未満の入射角にて入射させ、上記偏光選択性ホログラム光学素子は、上記異方性領域の光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行で、かつ、該異方性領域と上記等方性領域との境界面に対して略々平行となされて配向されており、上記照明光のS偏光成分を上記反射型空間光変調素子に向けて主に回折させるとともに、該反射型空間光変調素子により変調されて再入射した照明光のうちのP偏光成分に対する回折効率が10%以下であることによりこのP偏光成分を70%以上透過させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項25】 等方性領域は、主に光重合性高分子材

料または熱重合性高分子材料により構成されていることを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項26】 異方性領域は、液晶材料を含むことを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項27】 液晶材料は、配向規制手段により配向制御されていることを特徴とする請求項26記載の画像表示装置。

【請求項28】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項27記載の画像表示装置。

【請求項29】 液晶材料は、光硬化性液晶であって、未硬化の状態において配向規制手段により配向制御され、該光硬化性液晶を硬化させる波長の光線を照射されたことにより硬化していることを特徴とする請求項26記載の画像表示装置。

【請求項30】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項29記載の画像表示装置。

【請求項31】 2枚の光学基板は、透明電極を有し、これら透明電極への印可電圧により発生する電界により、異方性物質の光学軸方位を可変制御することを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項32】 光源は、長方形形状の発光部を有しており、この発光部の短辺方向を偏光選択性ホログラム光学素子への照明光の入射方向に一致させていることを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項33】 照明光学系は、照明光のうち、偏光選択性ホログラム光学素子の回折効率が最大となる偏光方位と直交する偏光方位を有する成分について、偏光方位を90°回転させる偏光変換手段を備えていることを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項34】 照明光学系は、照明光のうち、偏光選択性ホログラム光学素子の回折効率が最大となる偏光方位を有する成分を選択的に透過させる偏光選択手段を備えていることを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項35】 光源、または、照明光学系は、照明光の全波長帯域のなかの複数の特定波長帯域のみを時間的に順次透過させる時間順次波長帯域切り替え手段を備えていることを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項36】 照明光学系は、偏光選択性ホログラム光学素子と反対符号のベンド角を有する補正用偏光選択性ホログラム光学素子を備えていることを特徴とする請

求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 3 7】 補正用偏光選択性ホログラム光学素子は、偏光選択性ホログラム光学素子と同一素子であることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 3 8】 偏光選択性ホログラム光学素子に光学的に密着し、少なくとも照明光が略々垂直に入射する第 1 の光学面と該反射型空間光変調素子による反射光が略々垂直に射出する第 2 の光学面とを有するカップリングプリズムを備え、

上記偏光選択性ホログラム光学素子は、照明光を、照明光受光面の法線に対して  $60^\circ$  以上  $90^\circ$  未満の入射角で入射されることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 3 9】 カップリングプリズムは、反射型空間光変調素子による照明光の正反射光が略々垂直に入射する光吸収層が設けられた第 3 の光学面を有していることを特徴とする請求項 3 8 記載の画像表示装置。

【請求項 4 0】 投射光学系は、反射型空間光変調素子による変調光のうちの偏光選択性ホログラム光学素子において透過する偏光方位の成分を選択的に透過させる偏光選択手段を備えていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 1】 偏光選択性ホログラム光学素子のホログラム面に対する照明光の入射角と回折光の射出角との差であるベンド角が  $30^\circ$  以上であることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 2】 偏光選択性ホログラム光学素子のホログラム面と反射型空間光変調素子の反射面とが、光学的に傾斜した位置関係となっていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 3】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 4】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 5】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラムが 1 つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 6】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラムが 1 つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 7】 偏光選択性ホログラム光学素子と反射型空間光変調素子とは、光学的に密着されて一体的に構成されていることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 8】 反射型空間光変調素子は、長方形形状をしており、長辺方向が、偏光選択性ホログラム光学素子への照明光の入射方向に一致していることを特徴とする請求項 2 4 記載の画像表示装置。

【請求項 4 9】 照明光を放射する光源と、2 枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され、入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性ホログラム光学素子と、

上記偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照明光の偏光状態を変調して透過させる透過型空間光変調素子と、

上記照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子に導く照明光学系と、

上記透過型空間光変調素子により変調された照明光をスクリーン上に投射する投射光学系とを備え、

上記照明光学系は、上記光源より放射された照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して  $30^\circ$  以上  $90^\circ$  未満の入射角にて入射させ、

上記偏光選択性ホログラム光学素子は、上記異方性領域の光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行で、かつ、該異方性領域と上記等方性領域との境界面に対して略々平行となされて配向されており、上記照明光の S 偏光成分を上記透過型空間光変調素子に向けて主に回折させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 0】 等方性領域は、主に光重合性高分子材料または熱重合性高分子材料により構成されていることを特徴とする請求項 4 9 記載の画像表示装置。

【請求項 5 1】 異方性領域は、液晶材料を含むことを特徴とする請求項 4 9 記載の画像表示装置。

【請求項 5 2】 液晶材料は、配向規制手段により配向制御されていることを特徴とする請求項 5 1 記載の画像表示装置。

【請求項 5 3】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 5 2 記載の画像表示装置。

【請求項 5 4】 液晶材料は、光硬化性液晶であって、未硬化の状態において配向規制手段により配向制御され、該光硬化性液晶を硬化させる波長の光線を照射されたことにより硬化していることを特徴とする請求項 5 1 記載の画像表示装置。

【請求項 5 5】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線の

うちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項54記載の画像表示装置。

【請求項56】 2枚の光学基板は、透明電極を有し、これら透明電極への印可電圧により発生する電界により、異方性物質の光学軸方位を可変制御することを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項57】 光源は、長方形形状の発光部を有しており、この発光部の短辺方向を偏光選択性ホログラム光学素子への照明光の入射方向に一致させていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項58】 照明光学系は、照明光のうち、偏光選択性ホログラム光学素子の回折効率が最大となる偏光方位と直交する偏光方位を有する成分について、偏光方位を90°回転させる偏光変換手段を備えていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項59】 照明光学系は、照明光のうち、偏光選択性ホログラム光学素子の回折効率が最大となる偏光方位を有する成分を選択的に透過させる偏光選択手段を備えていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項60】 光源、または、照明光学系は、照明光の全波長帯域のなかの複数の特定波長帯域のみを時間的に順次透過させる時間順次波長帯域切り替え手段を備えていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項61】 照明光学系は、偏光選択性ホログラム光学素子と反対符号のベンド角を有する補正用偏光選択性ホログラム光学素子を備えていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項62】 補正用偏光選択性ホログラム光学素子は、偏光選択性ホログラム光学素子と同一素子であることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項63】 偏光選択性ホログラム光学素子に光学的に密着し、少なくとも照明光が略々垂直に入射する第1の光学面を有するカップリングプリズムを備え、上記偏光選択性ホログラム光学素子は、照明光を、照明光受光面の法線に対して60°以上90°未満の入射角で入射されることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項64】 偏光選択性ホログラム光学素子のホログラム面に対する照明光の入射角と回折光の射出角との差であるベンド角が30°以上であることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項65】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項66】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項

49記載の画像表示装置。

【請求項67】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラムが1つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項68】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラムが1つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

10 【請求項69】 偏光選択性ホログラム光学素子と透過型空間光変調素子とは、光学的に密着されて一体的に構成されていることを特徴とする請求項49記載の画像表示装置。

【請求項70】 照明光を放射する光源と、2枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され、入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性ホログラム光学素子と、

20 上記偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照明光の偏光状態を変調して反射する反射型空間光変調素子と、

上記照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子に導く照明光学系と、

上記反射型空間光変調素子により変調された照明光を観察者の瞳に導く虚像観察光学系とを備え、

上記照明光学系は、上記光源より放射された照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して30°以上90°未満の入射角にて入射させ、

30 上記偏光選択性ホログラム光学素子は、上記異方性領域の光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行で、かつ、該異方性領域と上記等方性領域との境界面に対して略々平行となされて配向されており、上記照明光のS偏光成分を上記反射型空間光変調素子に向けて主に回折させるとともに、該反射型空間光変調素子により変調されて再入射した照明光のうちのP偏光成分に対する回折効率が10%以下であることによりこのP偏光成分を70%以上透過させることを特徴とする画像表示装置。

40 【請求項71】 等方性領域は、主に光重合性高分子材料または熱重合性高分子材料により構成されていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項72】 異方性領域は、液晶材料を含むことを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項73】 液晶材料は、配向規制手段により配向制御されていることを特徴とする請求項72記載の画像表示装置。

【請求項74】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、



この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項7記載の画像表示装置。

【請求項75】 液晶材料は、光硬化性液晶であって、未硬化の状態において配向規制手段により配向制御され、該光硬化性液晶を硬化させる波長の光線を照射されたことにより硬化していることを特徴とする請求項72記載の画像表示装置。

【請求項76】 液晶材料の配向制御手段は、光学基板に設けられた配向膜、または、この偏光選択性ホログラム光学素子に印可される電界もしくは磁界、あるいは、この偏光選択性ホログラム光学素子に照射される光線のうちのいずれか、または、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項75記載の画像表示装置。

【請求項77】 2枚の光学基板は、透明電極を有し、これら透明電極への印可電圧により発生する電界により、異方性物質の光学軸方位を可変制御することを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項78】 光源は、長方形形状の発光部を有しており、この発光部の短辺方向を偏光選択性ホログラム光学素子への照明光の入射方向に一致させていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項79】 照明光学系は、照明光のうち、偏光選択性ホログラム光学素子の回折効率が最大となる偏光方位と直交する偏光方位を有する成分について、偏光方位を90°回転させる偏光変換手段を備えていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項80】 照明光学系は、照明光のうち、偏光選択性ホログラム光学素子の回折効率が最大となる偏光方位を有する成分を選択的に透過させる偏光選択手段を備えていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項81】 光源、または、照明光学系は、照明光の全波長帯域のなかの複数の特定波長帯域のみを時間的に順次透過させる時間順次波長帯域切り替え手段を備えていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項82】 照明光学系は、偏光選択性ホログラム光学素子と反対符号のベンド角を有する補正用偏光選択性ホログラム光学素子を備えていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項83】 補正用偏光選択性ホログラム光学素子は、偏光選択性ホログラム光学素子と同一素子であることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項84】 偏光選択性ホログラム光学素子に光学的に密着し、少なくとも照明光が略々垂直に入射する第1の光学面と該反射型空間光変調素子による反射光が略々垂直に射出する第2の光学面とを有するカップリングプリズムを備え、

上記偏光選択性ホログラム光学素子は、照明光を、照明

光受光面の法線に対して60°以上90°未満の入射角で入射されることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項85】 カップリングプリズムは、反射型空間光変調素子による照明光の正反射光が略々垂直に入射する光吸収層が設けられた第3の光学面を有していることを特徴とする請求項84記載の画像表示装置。

【請求項86】 投射光学系は、反射型空間光変調素子による変調光のうちの偏光選択性ホログラム光学素子において透過する偏光方位の成分を選択的に透過させる偏光選択手段を備えていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項87】 偏光選択性ホログラム光学素子のホログラム面に対する照明光の入射角と回折光の射出角との差であるベンド角が30°以上であることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項88】 偏光選択性ホログラム光学素子のホログラム面と反射型空間光変調素子の反射面とが、光学的に傾斜した位置関係となっていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項89】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項90】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラム層により構成されていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項91】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の波長依存性が互いに異なる複数のホログラムが1つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項92】 偏光選択性ホログラム光学素子は、回折効率の再生光入射角依存性が互いに異なる複数のホログラムが1つのホログラム層に多重構成されていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項93】 偏光選択性ホログラム光学素子と反射型空間光変調素子とは、光学的に密着されて一体的に構成されていることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【請求項94】 反射型空間光変調素子は、長方形形状をしており、長辺方向が、偏光選択性ホログラム光学素子への照明光の入射方向に一致していることを特徴とする請求項70記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射型空間光変調素子を用いた画像表示装置に適用される偏光選択性ホログラム光学素子、画像表示素子及び当該画像表示装置に関し、特に投射型画像表示装置及び虚像表示装置におい

て、軽量化、低コスト化、高コントラスト化、高効率化を可能とすることに関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来、以下に述べるように、種々の画像表示素子及びこれら画像表示素子を用いて構成された画像表示装置が提案されている。

#### 【0003】〔1〕2つの等方性領域を有して構成される透過型偏光選択性ホログラム光学素子

従来、入射光の偏光成分に応じて該入射光を分割する透過型偏光選択性ホログラム光学素子としては、特開平9-189809号公報に記載されているカラーフィルタ技術のように、通常の厚いホログラムにより構成されたものがある。これは、等方性材料にて構成される厚いホログラムにおける、回折効率の入射偏光依存性を利用したもので、理論的には、「coupled-wave theory」の厳密解を解くことにより証明される（参考論文：M. G. Moharam and T. K. Gaylord: Rigorous coupled-wave analysis of planar grating diffraction, J. Opt. Soc. Am. 71, 811-818 (1977)、M. G. Moharam and T. K. Gaylord: Rigorous coupled-wave analysis of grating diffraction E-mode polarization and losses, J. Opt. Soc. Am. 73, 451-455 (1983)）。

【0004】例えば、反射型の厚いホログラムの場合、ホログラムの厚さ  $t$  とホログラム内の干渉縞のピッチ  $\Lambda$  とにより決まる値  $t/\Lambda$  が1乃至5の場合には、図12に示すように、TE (S偏光) とTM (P偏光) との回折効率には差異が生じ、S偏光は、P偏光に比べて、最大45%程度回折効率が高くなる。

【0005】この現象を利用して、図13に示すように、画像表示素子が提案されている。この画像表示素子においては、積層状に配設されたホログラムカラーフィルター101r, 101g, 101bに対してカップリングプリズム102を介して読出し光が斜めに入射すると、この読出し光のうちのS偏光成分の光が主に回折され、照明光として液晶層103に略々垂直に入射する。この照明光は、液晶層103を経て、誘電体ミラー膜104により反射される。このように誘電体ミラー膜104により反射された照明光のうち、液晶層103において偏光方向が90°変調されて反射された光 (P偏光成分) は、上述した現象により、回折効果が低いために、ホログラムカラーフィルター101r, 101g, 101bにおいてほとんど回折作用を受けずに、該ホログラムカラーフィルター101r, 101g, 101bから略々垂直に射出する。このように射出した照明光は、図示しない投射レンズに入射され、この投射レンズによって、スクリーン上に画像を結像する。

#### 【0006】〔2〕異方性領域と等方性領域にて構成される透過型偏光選択性ホログラム光学素子

また、近年は、図14に示すように、光重合を起こすモノマーと液晶分子とを混合し、ホログラフィックな手法

によって干渉縞を形成するホログラフィック高分子分散液晶 (holographically-formed polymer dispersed liquid crystals、以下「H-PDLC」という。)の研究も盛んである (参考論文：A. Ogiwara, Y. Kuratomi, T. Karawa, A. Kakimoto and S. Mizuguchi, Proc. SID XXX, 1124 (1999))。

【0007】これは、1980年半ばに発見された光誘起相分離「PDLC」から派生した技術である (参考論文：Crawford G. P. and Zumer S., in Liquid Crystals in Complex Geometries, Ulmer and Francis, London (1996))。

【0008】以下に、この「H-PDLC」について、作製手法と動作原理について説明する。まず、液晶分子、モノマー (プレポリマー)、増感色素、反応開始剤などを混合した材料を、硝子プレートの面に挟み込んで封止する。これを、レーザー光により形成した干渉縞にさらす。すると、干渉縞の明部においては、モノマーが光重合を開始してポリマー化する。このため、干渉縞の明部と暗部とにおいて、モノマーの濃度分布が発生し、暗部から明部へのモノマーの移動が起こる。結果的に、ポリマー濃度に富んだ明部と、液晶分子が豊富な暗部という相分離による周期構造ができる。次の段階としては、液晶分子がポリマー相に直交するように配列する。この現象のメカニズムは現在のところ解明されていないが、様々な関連の研究がおこなわれている (例えば、「G. C. Bowley, A. K. Fontecchio, and G. P. Crawford, Proc. SID XXX, 958 (1999)」)。

【0009】この後、紫外線照射を行ない、定着プロセスを行う。以上のようにして作成されたホログラム光学素子は、ポリマー層の屈折率と液晶層の常光線屈折率とがほぼ等しく、ポリマー層の屈折率と液晶層の異常光線屈折率とが異なるため、偏光選択性ホログラム光学素子として機能する。

#### 【0010】〔3〕2つの異方性領域にて構成される透過型偏光選択性ホログラム光学素子

さらに、特開平11-271536号公報に記載されているように、図15及び図16に示すように、光硬化型液晶と非重合性液晶とをそれらの液晶の配向方向を制御して構成することにより、偏光選択性ホログラム素子を構成する技術がある。等方性材料及び異方性材料を積層させた上述の積層ホログラムに対するこの技術の主な優位性は、図15及び図16に示すように、非重合性液晶の方位を電界の印加によりスイッチングして回折の有無を制御する際、光硬化型液晶と非重合性液晶との常光線屈折率、異常光線屈折率をそれぞれ等しく設定することにより、光線入射角、入射偏光方位にかかわらず、回折を生じない状態の回折効率を原理的に0に抑えることができる点にある。

【0011】これは、回折を生じない状態において、光硬化型液晶と非重合性液晶とがその方位を等しくして配

向するため、いかなる方位からの入射光線に対しても屈折率差を生じないためである。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明が、解決しようとする課題は以下のようなものである。

【0013】〔1〕図13において示した通常の等方性材料により構成される厚いホログラム素子においては、偏光分離特性が低いという問題がある。これは、このホログラム素子においては、異方性材料を用いたホログラム素子と異なり、P、Sどちらの偏光成分にとっても、屈折率の変調された見かけの干渉縞は常に存在しているためである。

【0014】この意味で、このホログラム素子は、本質的には、偏光選択性ホログラム素子ではなく、偏光依存性ホログラム素子であるといえる。また、通常このようなホログラム素子の材料としてはフォトポリマーなどの光重合性高分子が用いられるが、この材料の場合、屈折率変調度 $\Delta n$ を0.05以上とすることは難しい。屈折率変調度は、ホログラムの回折効率を決定する重要なパラメータであり、通常、この値が大きい方が大きな回折効率を確保しやすい。

【0015】〔2〕また、図14に示したように、明かな配向制御手段を有しない「H-PDLC」においては、以下に挙げる2つの問題がある。

【0016】まず、1つめの問題点は、液晶配向の秩序度（order parameter）を大きくすることが困難である点である。これは、液晶分子がポリマー層に直交するように配列するという配向のメカニズムが現時点において解明されていないことが一因で、これ以上の秩序度を得るためには、例えば、配向膜を用いるなど、メカニズムの明らかな配向手段を講じることが必要となる。なお、秩序度が大きいほど、ある偏光方位を有する偏光光の回折効率が大きくなり、かつ、これと直交する偏光方位を有する偏光光の回折効率が小さくなるため、P/S偏光分離特性が向上する。

【0017】2つめの問題点は、図17に示すように、等方性領域（領域1）と、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行で等方性領域と異方性領域との境界面に対し略々垂直に配向された異方性領域（領域2）とを積層させた「H-PDLC」においては、この偏光選択性ホログラム素子への光線入射角度が最適角度からずれると、見かけの屈折率変調度（ $\Delta n$ ）が小さくなり、回折効率が低下するという点である。すなわち、この図17に示す「H-PDLC」においては、光線入射角が大きくなると、回折現象を発生する偏光（この場合P偏光光）に対する液晶を含んだ屈折率異方性領域の見かけの屈折率 $n_2$ は、 $n_e$ から徐々に小さくなってしまふ。一方、屈折率等方性領域の屈折率 $n_1$ は不変であるため、屈折率変調度 $\Delta n = |n_1 - n_2|$ は、小さくなってしまふのである。

【0018】例えば、領域1の屈折率 $n_1 = 1.5$ とし、領域2について、光学軸に直交する方向の屈折率 $n_o = 1.5$ 、光学軸に沿う方向の屈折率 $n_e = 1.65$ としたとき、液晶層への入射角 $\theta_{med} = 40^\circ$ にて入射した場合の各領域の屈折率を求めてみると、領域1におけるP偏光の屈折率 $n_{p1}$ は、以下のように示される。

【0019】 $n_{p1} = n_o = 1.5$

また、領域2におけるP偏光の屈折率 $n_{p2}$ は、以下のように示される。

10 【0020】 $n_{p2} = (\cos^2 [50] / n_o^2 + \sin^2 [50] / n_e^2) = 1.583$

これらの結果から、これら屈折率の差である $\Delta n$ は、0.083である。

【0021】〔3〕図15及び図16に示すように、光硬化性液晶と非重合性液晶とを積層させ、非重合性液晶の配向方向を制御可能に構成した偏光選択性ホログラム光学素子においては、図18に示すように、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行で等方性領域と異方性領域との境界面に対し略々垂直に配向された異方性領域（領域1）と、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々垂直に配向された異方性領域（領域2）とを積層させた「H-PDLC」においては、光線入射角が大きくなると、回折現象を発生する偏光（この場合P偏光光）に対する領域1の見かけの屈折率 $n_1$ は $n_e$ から徐々に小さくなってしまふ。一方、領域2の見かけの屈折率 $n_2$ は $n_o$ から徐々に大きくなっていくため、屈折率変調度 $\Delta n = |n_1 - n_2|$ は、図17に示した偏光選択性ホログラム光学素子に比較して、さらに減少してしまふことになる。これは、この偏光選択性ホログラム光学素子への光線入射角が大きくなった場合には、入射する光線の回折効率がほとんど確保できていないことを意味する。

【0022】実際に、図19に示すように、領域1及び領域2について、光学軸が互いに直交する屈折率楕円体で示される場合において、光学軸に直交する方向の屈折率 $n_o = 1.5$ 、光学軸に沿う方向の屈折率 $n_e = 1.65$ としたとき、液晶層への入射角 $\theta_{med} = 40^\circ$ にて入射した場合の各領域の屈折率を求めてみると、領域1におけるP偏光の屈折率 $n_{p1}$ は、以下のように示される。

40 【0023】 $n_{p1} = (\cos^2 [40] / n_o^2 + \sin^2 [40] / n_e^2) = 1.557$

また、領域2におけるP偏光の屈折率 $n_{p2}$ は、以下のように示される。

50 【0024】 $n_{p2} = (\cos^2 [50] / n_o^2 + \sin^2 [50] / n_e^2) = 1.583$

これらの結果から、これら屈折率の差である $\Delta n$ は、わずかに0.026であることがわかる。この値は、図17に示した偏光選択性ホログラム光学素子に比較して、さらに小さい値である。

【0025】なお、偏光選択性ホログラム光学素子をなす各層の構成としては、図20に示すように、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行で等方性領域と異方性領域との境界面に対しても略々平行に配向された異方性領域（領域1）と、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々垂直に配向された異方性領域（領域2）とを積層させた構成、図21に示すように、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行で等方性領域と異方性領域との境界面に対し略々垂直に配向された異方性領域（領域1）と、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行で等方性領域と異方性領域との境界面に対しても略々平行に配向された異方性領域（領域2）とを積層させた構成、及び、図22に示すように、等方性領域（領域1）と、光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々垂直に配向された異方性領域（領域2）とを積層させた構成が考えられる。

【0026】図20及び図21に示す領域1及び領域2の2つの領域がともに異方性領域として構成されるものにおいては、P、Sどちらの入射偏光に対しても回折してしまうため、偏光選択性が低い。図22に示す等方性領域と異方性領域とにより構成されるものにおいては、入射角が小さい場合に屈折率変調度 $\Delta n$ が小さくなるという問題がある。

【0027】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みて提案されるものであって、入射光束の入射角が小さい場合のみならず、該入射角が大きくなった場合においても、良好な偏光分離特性が得られるようになされた偏光選択性ホログラム光学素子を提供し、この偏光選択性ホログラム光学素子を使用した画像表示素子及び画像表示装置を提供しようとするものである。

【0028】

【課題を解決するための手段】 上述の課題を解決するため、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子は、2枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成された透過型の偏光選択性ホログラム光学素子であって、異方性領域の光学軸は、この偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行であり、かつ、等方性領域と異方性領域との境界面に対し略々平行に配向され、この異方性領域の常光線屈折率と等方性領域の屈折率との差が0.01以下であることを特徴とするものである。

【0029】また、本発明に係る画像表示素子は、2枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性ホログラム光学素子と、この偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照

明光の偏光状態を変調して反射する反射型空間光変調素子とを備え、偏光選択性ホログラム光学素子は、異方性領域の光学軸が、この偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行であり、かつ、等方性領域と異方性領域との境界面に対して略々平行に配向されており、照明光がこの偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して $30^\circ$ 以上 $90^\circ$ 未満の入射角を有して入射され、この照明光のS偏光成分を反射型空間光変調素子に向けて主に回折するとともに、該反射型空間光変調素子により変調されて再入射した照明光のうちP偏光成分に対する回折効率が10%以下であることにより、このP偏光成分を70%以上透過させることを特徴とするものである。

【0030】そして、本発明に係る画像表示装置は、照明光を放射する光源と、2枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性ホログラム光学素子と、この偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照明光の偏光状態を変調して反射する反射型空間光変調素子と、照明光を偏光選択性ホログラム光学素子に導く照明光学系と、反射型空間光変調素子により変調された照明光をスクリーン上に投射する投射光学系とを備え、照明光学系は、光源より放射された照明光を偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して $30^\circ$ 以上 $90^\circ$ 未満の入射角にて入射させ、偏光選択性ホログラム光学素子は、異方性領域の光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行で、かつ、該異方性領域と等方性領域との境界面に対して略々平行となされて配向されており、照明光のS偏光成分を反射型空間光変調素子に向けて主に回折させるとともに該反射型空間光変調素子により変調されて再入射した照明光のうちのP偏光成分に対する回折効率が10%以下であることによりこのP偏光成分を70%以上透過させることを特徴とするものである。

【0031】さらに、本発明に係る画像表示装置は、照明光を放射する光源と、2枚の光学基板間に屈折率等方性を有する等方性領域と屈折率異方性を有する異方性領域とが交互に該光学基板の主面に沿う方向に積層されて構成され入射される照明光を回折させる透過型の偏光選択性ホログラム光学素子と、偏光選択性ホログラム光学素子により回折された照明光の偏光状態を変調して反射する反射型空間光変調素子と、照明光を偏光選択性ホログラム光学素子に導く照明光学系と、反射型空間光変調素子により変調された照明光を観察者の瞳に導く虚像観察光学系とを備え、照明光学系は、光源より放射された照明光を上記偏光選択性ホログラム光学素子の照明光受光面の法線に対して $30^\circ$ 以上 $90^\circ$ 未満の入射角にて入射させ、偏光選択性ホログラム光学素子は、異方性領

域の光学軸がこの偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対して略々平行で、かつ、該異方性領域と上記等方性領域との境界面に対して略々平行となされて配向されており、照明光のS偏光成分を上記反射型空間光変調素子に向けて主に回折させるとともに、該反射型空間光変調素子により変調されて再入射した照明光のうちのP偏光成分に対する回折効率が10%以下であることによりこのP偏光成分を70%以上透過させることを特徴とするものである。

#### 【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

#### 【0033】〔1〕本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子の実施の形態

##### 〔1〕-（1）製造方法

始めに、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子の製造方法を図1及び図2を参照して説明する。

【0034】まず、ポリイミド、酸化ケイ素などからなる配向膜7を、2枚の硝子基板8、9上に、スピンコート塗布、蒸着などの手法により塗布し加熱処理を行うことによって、形成する。続いて、これら配向膜7に対して、ローラなどを用いて、一定方向にラビング処理を行う。次に、一方の硝子基板8の一边部を除く周辺部分に、シール剤を塗布し、また、他方の硝子基板9の主面部上には、直径が4 $\mu$ m乃至10 $\mu$ m程度のビーズスペースを分散させる。

【0035】そして、これらの硝子基板8、9を、ラビング方向が平行でかつ向きが反対となるような配置で、かつ、各硝子基板8、9の配向膜7が互いに対向される向きとして、張合わせることで、空セルをつくる。

【0036】そして、この空セルのシール剤の塗布されていない一边部から、屈折率異方性材料を含む液状材料4、例えば、液晶材料、プレポリマー、色素の混合材料等を注入する。プレポリマーは、光重合性モノマー（光重合性高分子材料）、熱重合性モノマー（熱重合性高分子材料）、オリゴマー、反応開始剤などにより構成されている。液状材料中の色素には、この偏光選択性ホログラム光学素子をアルゴンイオンレーザーなどの可視光レーザーを用いて作製するために、可視光に対して吸収を有する、たとえばローズベンガルなどを用いる。また、液晶材料としては、高分子分散液晶用のネマティック液晶を用いる。

【0037】液状材料を空セルに注入した後は、注入口を封止剤にて封止することにより、露光前パネルが完成する。

【0038】続いて、露光前パネルに、アルゴンイオンレーザーの輝線スペクトル、たとえば488nmを使った干渉縞3を露光する。このとき、干渉縞を生成するアルゴンイオンレーザーからの物体光1及び参照光2とともに平行光束であり、したがって、これらにより生成される

干渉縞3は、直線的なものとなる。なお、図2においては、干渉縞の明暗の状態を折れ線で示している。

【0039】この露光においては、配向膜7のラビング方向が、生成される干渉縞の方向と一致するように配置することが重要である。これは、液晶分子の光学軸を干渉縞に対して平行とするためである。また、干渉縞を露光している最中は、露光前パネルの温度、より正確には、露光前パネル中の液状材料の温度を、20 $^{\circ}$ C乃至70 $^{\circ}$ C程度の範囲で略々一定に制御しておく。さらに、液状材料4に内在する液晶材料に対して、より強力な配向規制を行うためには、露光中に、外部電界の印可、外部磁界の印可、または、光照射を行うこととしてもよい。

【0040】この露光工程においては、干渉縞の明部では、干渉縞の光子エネルギーにより、モノマーが光重合によりポリマー化する。これにより、干渉縞の明部は、主に光重合したポリマー層5が構成される。一方、干渉縞の暗部では、明部におけるポリマー形成のためにモノマーが消費されるため、結果的に、液晶を多く含んだ層6が形成される。この過程は、光誘起相分離と呼ばれている。干渉縞の暗部に集まった液晶分子は、配向膜や、その他外的制御手段による配向規制力により、光学軸を直線的な干渉縞に平行として配向される。

【0041】この露光工程の後、残存モノマーや色素を固定、もしくは、破壊するために、紫外線の照射を行う。これは、定着工程とよばれる。この定着工程をもって、偏光選択性ホログラム素子の製造工程は完了する。

#### 【0042】〔1〕-（2）動作原理

以下、上述の製造方法により作製した透過型の偏光選択性ホログラム光学素子の動作原理について、図3を参照して説明する。この偏光選択性ホログラム光学素子は、上述のように、硝子基板8、9、配向膜7、7、ホログラム層4にて構成されている。さらに、ホログラム層4は、異方性領域6と等方性領域5とが交互に硝子基板8、9の主面部に沿う方向に積層した状態となっている。

【0043】この偏光選択性ホログラム光学素子に対して、図3に示すように、P偏光光1およびS偏光光2が入射角 $\theta_{in}$ で入射した場合を考える。この入射角 $\theta_{in}$ は、入射光と回折光とがともに存在する面内における角度である。

【0044】入射したP偏光光1に対する異方性領域6の屈折率は、異方性領域6内の液晶分子の光学軸が、この偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行、かつ、等方性領域5と異方性領域6の境界面に対し略々平行（干渉縞に対して略々平行）になっているため、入射角 $\theta_{in}$ に依らず、常に異方性領域6の常光線屈折率 $n_o$ となる。一方、等方性領域5の屈折率は常に $n_{Poly}$ となる。ここで、 $n_o$ と $n_{Poly}$ とが等しい（ $n_o = n_{Poly}$ ）、または、 $n_o$ と $n_{Poly}$ との差が0.01以下

であるように設計することにより、入射するP偏光光1に対する回折を無くすることが可能となる。

【0045】また、入射したS偏光光2に対する異方性領域6の屈折率については、異方性領域6内の液晶分子の光学軸が、この偏光選択性ホログラム光学素子の受光面に対し略々平行、かつ、等方性領域5と異方性領域6の境界面に対し略々平行になっているため、入射角 $\theta_{in}$ に依らず、常に、異方性領域6の異常光線屈折率 $n_e$ となる。一方、等方性領域5の屈折率は常に $n_{poly}$ となる。ここで、 $n_e$ と $n_{pol}$ とが等しい( $n_e = n_{poly}$ 、通常、これは、 $n_e < n_o$ となる負の屈折率楕円体を有する液晶材料を用いることによりはじめて可能となる。)、または、 $n_o$ と $n_{pol}$ との差が0.01以下であるように設計することにより、入射するS偏光光2に対する回折を無くすることが可能となる。

【0046】ここで、上述のように、 $n_o$ と $n_{pol}$ とが等しいとすると、入射するS偏光光2に対するこの偏光選択性ホログラム光学素子の屈折率変調度 $\Delta n$ は、常に、以下に示す値となる。

$$\Delta n = |n_e - n_o|$$

また、 $n_e$ と $n_{pol}$ とが等しいとすると、入射するP偏光光1に対するこの偏光選択性ホログラム光学素子の屈折率変調度 $\Delta n$ は、常に、以下に示す値となる。

$$\Delta n = |n_e - n_o|$$

本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子においては、図4に示すように、等方性領域5(領域1)のS偏光光に対する屈折率を $n_{S1}$ とし、これを、例えば、 $n_o$ に等しい1.5とし、異方性領域6(領域2)のS偏光光に対する屈折率を $n_{S2}$ とし、これを、例えば、 $n_e$ に等しい1.65としたとき、S偏光に対する屈折率変調度 $\Delta n$ は、以下のように、入射角 $\theta_{in}$ に依らず、常に、0.15となる。

$$\Delta n = |n_{S2} - n_{S1}| = |1.65 - 1.5| = 0.15$$

$$n_{S2} = n_e = 1.65$$

$$\Delta n = |1.65 - 1.5| = 0.15$$

ただし、前述のように、光誘起相分離により、完全に液晶相と高分子相とに分離することはなく、また、液晶相に含まれる液晶のオーダーパラメータも1ではないため、この理想化した $\Delta n$ の値(0.15)を実現することは、極めて困難である。

【0050】〔2〕本発明に係る画像表示素子の実施の形態

本発明に係る反射型の画像表示素子は、図5に示すように、高分子分散液晶(以下、「PDL C」という)を材料とした液晶パネルを偏光選択性ホログラム光学素子として用いて構成することができる。

【0051】なお、この偏光選択性ホログラム光学素子の製造方法および動作原理は、上述した本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子の実施の形態にて説明したものと同様である。この画像表示素子においては、上述

した本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子の種々のものをすべて使用することができる。

【0052】この画像表示素子は、偏光選択性ホログラム光学素子10に、反射型空間光変調素子である反射型TN液晶パネル11が、界面12において光学的に密着されて構成されている。

【0053】この実施の形態における偏光選択性ホログラム光学素子10の等方性領域5と異方性領域6との積層構造は、図5に示すように、入射角 $0^\circ$ で入射する物体光13及び入射角 $\theta_{in-air}$ で入射する参照光14の照射による干渉縞によって製造されている。

【0054】ここで、この偏光選択性ホログラム光学素子10における干渉縞の傾き角 $\theta_{int}$ を求める。仮定として、硝子基板8の屈折率を $n_{gl}$ 、「PDL C」(液晶層)4の平均屈折率を、簡単のために、同じく $n_{gl}$ とすると、以下の関係が成立する。

$$\Delta n = |n_e - n_o|$$

$$n_{gl} \cdot \sin(\theta_{in-med}) = \sin(\theta_{in-air})$$

ただし、 $\theta_{in-med}$ は、媒質中での入射角である。この式より、 $n_{gl}$ が1.5であり、 $\theta_{in-air}$ が $60^\circ$ であるとすると、 $\theta_{in-med}$ は、 $35.3^\circ$ となる。これより、干渉縞の傾き角 $\theta_{int}$ は、以下のように求められる。

$$\theta_{int} = \theta_{in-med} / 2 = 17.7^\circ$$

次に、この画像表示素子の動作原理について説明する。ここで、P偏光成分とS偏光成分の両方を含む再生光14が、入射角 $\theta_{in-air}$ で偏光選択性ホログラム光学素子10の硝子基板8より入射した場合を考える。

【0057】ここで、再生光は、硝子基板8の入射面において屈折され、続いて、ホログラム層4に入射角 $\theta_{in-med}$ にて入射する。このとき、前述したように、この偏光選択性ホログラム光学素子10においてはS偏光光が回折されて、反射型TN液晶パネル11に対して略々垂直な入射光15として入射する。

【0058】この反射型TN液晶パネル11は、一対の硝子基板16、17間にTN液晶層18を挟んだ構造となっている。TN液晶層18の一方側の面と硝子基板17との境界面は、アルミ反射面19となっている。この反射型TN液晶パネル11においては、入射光15は、偏光選択性ホログラム光学素子10側の硝子基板16及びTN液晶層18を透過し、アルミ反射面19で反射され、再びTN液晶層18を透過することにより変調されて、偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4に再入射する。

【0059】このようにして偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4に再入射した反射型TN液晶パネル11による反射光は、S偏光成分が、再びホログラム層4において回折され射出光20として再生光14の入射光路を逆方向に戻り、P偏光成分が、ホログラム層4にて回折されることなく、射出光21として偏光選

択性ホログラム光学素子10から垂直に射出する。

【0060】一方、再生光14のP偏光成分は、偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4にて回折されることなく、そのまま、入射角 $\theta_{in-med}$ にて反射型TN液晶パネル11に入射する。このP偏光成分は、反射型TN液晶パネル11のTN液晶層18を通過することにより偏光状態の変調を受けるが、アルミ反射面19で反射された反射光22は、偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4が厚いホログラムであるため回折条件に合致せず、P偏光成分はもちろんS偏光成分も、偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4にてほとんど回折されることなく、この偏光選択性ホログラム光学素子10を透過する。

【0061】なお、再生光14のP偏光成分のうちの反射型TN液晶パネル11にて変調されたS偏光成分の一部が偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4において回折されたとしても、この回折光の射出方向を、偏光選択性ホログラム光学素子10から略々垂直に射出される射出光21（再生光14のS偏光成分のうちの反射型TN液晶パネル11にて変調されたP偏光成分）の射出方向と十分に異なる方向としておくか、あるいは、該射出光21の光路中に、該射出光21が主に有する偏光成分を選択的に透過させる偏光板を設置することにより、これら回折光及び射出光21を良好に分離することができる。

【0062】ここで、厚いホログラムについて説明する。厚いホログラムの定義としては、一般的には、次に示すQ値が10以上のものとすることが多い。なお、このQ値について詳述している参考図書としては、辻内順平著、「ホログラフイー」（裳華房）などがある。

$$【0063】Q = 2\pi\lambda t / (n\Lambda\Lambda)$$

ここで、 $\lambda$ は、再生波長、 $t$ は、ホログラム層の厚さ、 $n$ 、ホログラム層の平均屈折率、 $\Lambda$ は、干渉縞のピッチである。また、干渉縞のピッチ $\Lambda$ は、以下のように示される。

【0064】

$$\Lambda = \lambda c / |2\sin[(\theta_s - \theta_r)/2]|$$

ここで、 $\lambda c$ は、製造波長、 $\theta_s$ は、物体光の入射角、 $\theta_r$ は、参照光の入射角である。

【0065】これらの式から、例えば、 $\lambda c$ を $0.55\mu m$ 、 $\theta_s$ を $60^\circ$ 、 $\theta_r$ を $0^\circ$ 、 $\lambda$ を $0.55\mu m$ 、 $t$ を $5\mu m$ 、 $n$ を1.5とすると、干渉縞のピッチ $\Lambda$ は、 $0.55\mu m$ 、 $Q$ は、38.1となり、厚いホログラムの定義にあてはまる。

【0066】厚いホログラムは、回折効率が高いが、製造のときの使用波長、物体光及び参照光の入射角などの条件から、再生光の条件が外れると、回折効率が急激に低下するという特性を有している。すなわち、ある再生波長において、回折効率がピークとなる入射角から再生光の入射角が大きくなると、回折効果を現さないと

いうことになる。そのため、前述のように、再生光14のP偏光成分の反射型TN液晶パネル11のアルミ反射面19による反射された反射光22は、たとえ該反射型TN液晶パネル11において変調されてS偏光成分を有していても、偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4において回折されにくいのである。

【0067】また、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子10においては、高い回折効率を得ることを目的として、干渉縞のピッチ $\Lambda$ を小さくすべく、ベンド角 $|\theta_s - \theta_r|$ を $30^\circ$ 以上に設定している。ただし、ベンド角が、例えば、 $80^\circ$ 以上というように、大きすぎると、回折効果を発生する波長帯域及び入射角度範囲が小さくなり、光利用効率が低下してしまう。

【0068】ここで、偏光選択性ホログラム光学素子10への再生光入射角 $\theta_{in-air}$ と、この偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4への入射角 $\theta_{in-med}$ について考える。両者の関係は、上述のように、以下に示す関係となっている。

【0069】

$$20 \quad n_{gla} \cdot \sin[\theta_{in-med}] = \sin[\theta_{in-air}]$$

ここで、両者の変化率に着目すると、例えば、硝子基板8の屈折率 $n_{gla}$ を1.5として、再生光入射角 $\theta_{in-air}$ が $55^\circ$ から $65^\circ$ まで $10^\circ$ 変わるとき、ホログラム層4への入射角 $\theta_{in-med}$ は、 $33.1^\circ$ から $37.2^\circ$ と、 $4.1^\circ$ の変化にとどまる。再生光入射角 $\theta_{in-air}$ が $65^\circ$ から $75^\circ$ まで $10^\circ$ 変わる場合には、ホログラム層4への入射角 $\theta_{in-med}$ は、 $37.2^\circ$ から $40.1^\circ$ と、 $2.9^\circ$ の変化となる。これは、サイン関数の変化率の大きいところを、ある倍率（この場合には硝子基板8の屈折率 $n_{gla}$ の逆数）をかけることにより、変化率の小さいところに移動することに他ならない。このことは、上述のように、偏光選択性ホログラム光学素子10の回折効率の再生光入射角に依存した均一性の劣化及び回折効率の低下が低減されることを意味している。

【0070】また、このような、ホログラム層4への入射角 $\theta_{in-med}$ の再生光入射角 $\theta_{in-air}$ に対する変化率は、硝子基板8の屈折率 $n_{gla}$ が大きい程小さくなる。例えば、硝子基板8の屈折率 $n_{gla}$ が1.73である場合、再生光入射角 $\theta_{in-air}$ が $55^\circ$ から $65^\circ$ まで変化するとき、ホログラム層4への入射角 $\theta_{in-med}$ は、 $28.3^\circ$ から $31.6^\circ$ と、 $3.3^\circ$ の変化にとどまる。

【0071】ただし、偏光選択性ホログラム光学素子10への再生光入射角 $\theta_{in-air}$ が、例えば、たとえば、 $75^\circ$ 以上というように、あまりに大きくなると、硝子基板8の入射面における表面反射率が大きくなり、これを反射防止膜などによっても小さく抑えることが難しくなる。

【0072】そこで、偏光選択性ホログラム光学素子1



0への再生光入射角 $\theta_{in-air}$ が $7.5^\circ$ を越えるような場合には、図6に示すように、カップリングプリズム23を用いることが有効である。このカップリングプリズム23は、再生光入射側の基板8と同一の材料により形成され、偏光選択性ホログラム光学素子10の再生光14の入射面上に、この入射面に接合されて配設される。このカップリングプリズム23は、偏光選択性ホログラム光学素子10の再生光14の入射面に対して傾斜した再生光入射面を有している。

【0073】このようにカップリングプリズム23を用いた場合においては、偏光選択性ホログラム光学素子10への再生光入射角 $\theta_{in-air}$ は、ホログラム層4への再生光入射角 $\theta_{in-med}$ に等しくなる。そのため、ホログラム層4自体が、再生光の入射角度について、十分に広い許容範囲を持たない場合には、光利用効率が低下してしまう。

【0074】そこで、本発明に係る反射型の画像表示素子においては、カップリングプリズム23を用いる場合には、偏光選択性ホログラム光学素子10のホログラム層4における回折光を略々垂直に反射型空間光変調素子11に入射させるという条件においてベンド角が $30^\circ$ 以上となる偏光選択性ホログラム光学素子10への入射角、つまり $30^\circ$ を、該偏光選択性ホログラム光学素子10への最低入射角と規定している。

【0075】また、高帯域の再生光に対して高い回折効率を維持するためには、図7に示すように、複数の偏光選択性ホログラム光学素子10r、10g、10bを積層させることにより、再生光14の波長帯域を複数に分け、それぞれの帯域について対応する1つの偏光選択性ホログラム光学素子において回折させて、各波長帯域について、反射型空間光変調素子11に略々垂直に入射して照明する照明光とする。

【0076】ここに示した実施の形態においては、偏光選択性ホログラム光学素子が3層となっているが、この画像表示素子においては、偏光選択性ホログラム光学素子を4層以上としてもよく、また、2層としてもよい。

【0077】また、再生光14の入射角度範囲が大きい場合にも、高い回折効率を維持するためには、再生光の入射角度の受容範囲が異なる複数の偏光選択性ホログラム光学素子を積層させ、各偏光選択性ホログラム光学素子において、それぞれに対応した入射角度範囲の再生光について回折させるようにするとよい。

【0078】さらに、回折波長帯域及び再生光入射角度の受容範囲の両方が互いに異なる偏光選択性ホログラム光学素子を積層させ、または、多重露光により重畳させることにより、対象とする波長帯域が広く、かつ、再生光入射角度の受容角度が広い画像表示素子を実現することができる。

【0079】〔3〕本発明に係る画像表示装置（投射型）の実施の形態

そして、本発明に係る画像表示装置においては、上述した本発明に係る画像表示素子の種々のものをすべて使用することができる。本発明に係る画像表示装置としては、図8に示すように、反射型空間光変調素子として3枚の反射型TN垂直配向液晶パネルを有するカラー投射型の画像表示装置として構成することができる。

【0080】この画像表示装置においては、照明光源24より放射された照明光は、照明光学系25に入射する。この照明光学系25は、照明光の光束断面形状の補正、強度の均一化及び発散角制御などの機能を有している。また、この照明光学系25は、偏光変換手段26を有しており、後述する偏光選択性ホログラム光学素子への入射光が、例えば、S偏光光となるように、照明光のうちのP偏光成分の偏光方位を $90^\circ$ 回転させることによりS偏光光に変換して、光利用効率を向上させている。

【0081】照明光学系25を通過した光束は、S偏光光を選択的に透過させる偏光板27を経て、ミラー28において光路を曲げられて、偏光選択性ホログラム光学素子10に入射する。この偏光選択性ホログラム光学素子10は、互いに対象とする再生光の波長帯域及び再生光の入射角度の受容範囲の異なる5つのホログラム層により構成されている。この偏光選択性ホログラム光学素子10において、再生光のうちのS偏光成分光は、この偏光選択性ホログラム光学素子10より略々垂直に射出するように回折されて、ダイクロイックプリズムブロック29に入射する。

【0082】このダイクロイックプリズムブロック29においては、入射した再生光のS偏光成分光は、青色成分光が青色光反射薄膜29bにより反射され、また、緑色成分光が緑色光反射薄膜29gにより反射されることにより、R（赤色）G（緑色）B（青色）の各色に分光される。

【0083】ダイクロイックプリズムブロック29において分光された各色成分光は、各色に対応する反射型空間光変調素子11r、11g、11bに対してそれぞれ略々垂直に入射し、これら反射型空間光変調素子11r、11g、11bにおいて各色成分光ごとに、また、画素ごとに、偏光状態を変調されて反射される。

【0084】各反射型空間光変調素子11r、11g、11bにおいて変調された各色成分光は、再びクロスダイクロイックプリズムブロック29に入射し再合成され、偏光選択性ホログラム光学素子10へ入射する。このとき、P偏光成分光は回折されずに透過し、S偏光成分光は回折されて照明光学系25側に戻る。偏光選択性ホログラム光学素子10において回折されずに透過したP偏光成分光は、P偏光光を選択的に透過させる偏光板30を経て、投射光学系31に入射する。この投射光学系31は、入射された光束を図示しないスクリーン上に画像として結像させる。スクリーン上に結像される画像



は、各反射型空間光変調素子11r, 11g, 11bにおける画素ごとの変調によって形成された画像である。

【0085】照明光学系25は、照明光源24より放射された照明光を、ミラー28を介して、偏光選択性ホログラム光学素子10の照明光受光面の法線に対して30°以上90°未満の入射角にて入射させる。そして、偏光選択性ホログラム光学素子10は、上述の構成を有することにより、照明光のS偏光成分を反射型空間光変調素子11r, 11g, 11bに向けて回折させるとともに、該反射型空間光変調素子11r, 11g, 11bにより変調されて再入射した照明光のうちのP偏光成分に対する回折効率が10%以下であることにより、このP偏光成分を70%以上透過させる。これは、以下に述べる各実施の形態においても同様である。

【0086】なお、照明光学系25は、偏光選択性ホログラム光学素子10と反対符号のベンド角を有する補正用偏光選択性ホログラム光学素子を備えていることとしてもよい。これは、以下に述べる各実施の形態においても同様である。

【0087】また、本発明に係る画像表示装置は、図9に示すように、透過型液晶空間光変調素子を使用して構成することもできる。この画像表示装置においては、ランプ光源24より射出された光束は、光束断面形状の補正、強度の均一化、発散角制御などの機能を有する照明光学系25に入射する。この照明光学系25には、無偏光状態の光束を、P偏光かS偏光のどちらか一方の偏光に50%以上の効率で揃える機能を有するP-S偏光変換器26が含まれている。この実施の形態の場合、照明光学系25を通過した光束は、図9において紙面に垂直な方向に電気ベクトルが振動する偏光状態、つまり、統一して入射する偏光分離素子の偏光選択性ホログラム光学素子10に対してS偏光となるよう変換される。

【0088】照明光学系25を射出した光束は、偏光選択性ホログラム光学素子10にて、そのS偏光成分は回折されることなく直進して全反射プリズム40に第1の光学面より入射し、この全反射プリズム40の第2の光学面（全反射面）41にて90°進行方向が変えられた後、第3の光学面42において全反射プリズム40から射出される。偏光選択性ホログラム光学素子10は、全反射プリズム40の第1の光学面に光学的に密着されている。

【0089】P-S偏光変換器26にて変換されずに残ったP偏光は、偏光選択性ホログラム光学素子10にて図9中の矢印A方向に回折され、第2の光学面（全反射面）41において全反射プリズム40から射出する。このため、偏光分離素子から射出される照明光は、そのほとんどがS偏光光となる。この照明光は、コンデンサレンズ43を経て、緑、赤色光反射のダイクロイックミラー44により、緑色光、赤色光の進行方向が90°曲げられ、続いて、緑色光反射のダイクロイックミラー4

5にて、緑色光のみが反射される。

【0090】このようにして、照明光は、青（B）、緑（G）、赤（R）色光それぞれに分離される。青（B）色光は、コンデンサレンズ52、ミラー53、コンデンサレンズ54を経て、透過型液晶空間光変調素子（青色用）55に入射する。緑（G）色光は、コンデンサレンズ56を経て、透過型液晶空間光変調素子（緑色用）57に入射する。赤（R）色光は、コンデンサレンズ46、ミラー47、コンデンサレンズ48、ミラー49、コンデンサレンズ50を経て、透過型液晶空間光変調素子（赤色用）51に入射する。

【0091】各透過型液晶空間光変調素子55, 57, 51を透過した照明光は、クロスダイクロイックプリズム58において色合成され、投射光学系31により、図示しないスクリーン上に投影される。

【0092】この画像表示装置においては、各透過型液晶空間光変調素子55, 57, 51への入射光は、すでに偏光分離素子にてS偏光光に検波されているため、透過型液晶空間光変調素子55, 57, 51の入射側の偏光板での吸収がほとんどないので、大出力の光源を利用して明るい画像を投射できるようにした場合においても、高いコントラストの画像と信頼性を実現することができる。

【0093】さらに、本発明に係る画像表示装置は、図10に示すように、反射型空間光変調素子として1枚の反射型FLCパネル11を用いてカラー投射型の画像表示装置として構成することもできる。

【0094】この画像表示装置においては、照明光源24より放射された照明光は、光束断面形状の補正、強度の均一化、発散角制御などの機能を有する照明光学系25に入射する。この照明光学系25は、図示しない偏光変換手段を備えている。また、照明光学系25内には、時間順次波長帯域切り替え手段となるカラーホイール59が設けられている。このカラーホイール59は、照明光源24より放射された白色光を、赤色光、緑色光、青色光のスペクトル成分に時分割するもので、これにより反射型FLCパネル11の単板で、フィールドシーケンシャルカラー手法によるカラー表示が可能となる。

【0095】照明光は、ミラー28を経て、偏光選択性ホログラム光学素子10に入射する。この照明光のS偏光成分は、多くが回折されて光の進行方向を変えられ、P偏光光は、回折されずに直進して透過する。そのため、この偏光選択性ホログラム光学素子10に第1の光学面を密着させて配設された3角プリズム40の第2の光学面41において、非回折光（0次光）であるS偏光成分は全反射されて第3の光学面（射出面）より射出され、反射型FLCパネル11に入射することはない。

【0096】一方、偏光選択性ホログラム光学素子10における回折光であるS偏光光は、3角プリズム40の第2の光学面41より射出したのち、補正用プリズム6

0を経て、反射型FLCパネル11に入射する。この反射型FLCパネル11において表示画像に応じて偏光方向を変調された照明光は、再び補正用プリズム60、3角プリズム40を経て、偏光選択性ホログラム光学素子10に入射する。ここで、S偏光成分の多くは、回折されて照明光の入射方向に戻され、P偏光光は、回折されずに直進して透過する。ここで、偏光選択性ホログラム光学素子10において回折されずに直進する光のなかには、S偏光も含まれているため、S偏光成分を選択的に透過する、すなわち、P偏光成分を遮断する偏光板61を設けて検波する。この偏光板61を透過した光線は、投射光学系31により、スクリーン52上に反射型FLCパネル11の拡大像を結像する。

【0097】なお、反射型空間光変調素子11は、長方形の画面(偏光変調領域)を有しており、その長手方向aが照明光の入射角方向と一致するように配設されている。これは、水平配向偏光選択性ホログラム光学素子10へ入射する照明光が斜め入射することにより、入射照明光の有効幅が減少してしまうため、この有効幅の減少量をできるだけ少なくして光利用効率を大きくするためである。

【0098】また、同様の理由から、照明光源24の発光部の長手方向は、図10において紙面に垂直になされている。これは、ラグランジュ-ヘルムホルツの不変量より、発光部が小さい方が光束径を絞ったときに拡散角が大きくなり、くいたため、本発明のように空間光変調素子に対して斜めに照明光を入射させる場合には、その入射方向に一致する方向に発光部の長さを短くすると、光利用効率を上げるために有効となるためである。

【0099】さらに、偏光板61は、偏光選択性ホログラム光学素子10、補正用プリズム60、3角プリズム40を透過したことにより非点収差の発生した変調光の収差を補正するために、これらと反対の傾き角をもって配置されている。これにより、変調光の非点収差をキャンセルすることができ、鮮明な画像表示を行うことができる。

【0100】〔4〕本発明に係る画像表示装置(虚像型)の実施の形態

また、本発明に係る画像表示装置は、図11に示すように、反射型空間光変調素子として反射型FLCパネル32を用いるとともに、虚像結像光学系を用いて構成することができる。

【0101】この画像表示装置においては、赤色光、緑色光、青色光の3色を順次独立に発光するレンズ付き発光ダイオード光源33より放射される照明光は、P偏光成分を選択的に透過させる偏光板34を透過して、偏光選択性ホログラム光学素子10に入射する。この入射光は、偏光選択性ホログラム光学素子10において回折され、略々垂直に反射型FLCパネル32に入射する。

【0102】反射型FLCパネル32にて位相を変調さ

れた照明光は、反射型FLCパネル32のアルミ反射面19において反射され、再び偏光選択性ホログラム光学素子10に入射する。このとき、P偏光成分は、再び偏光選択性ホログラム光学素子10によって回折されて発光ダイオード光源33の方向に向かうが、S偏光成分は、偏光選択性ホログラム光学素子10によって回折されることなく、そのまま透過する。偏光選択性ホログラム光学素子10を透過したS偏光光は、S偏光成分を選択的に透過させる偏光板35にて検波されたのち、虚像観察光学系を構成する自由曲面プリズム36に、自由曲面屈折面37より入射する。

【0103】自由曲面プリズム36内に入射した光は、第1の光学面38において全反射され、次いで、第2の自由曲面反射面39にて反射されたのち、第1の光学面38を透過して、観察者の観察領域40に導かれる。このとき、観察領域40を大きくするには、発光ダイオード光源33と偏光板34との間に拡散板を配置するか、または、偏光選択性ホログラム光学素子10において、この偏光選択性ホログラム光学素子10に入射するP偏光成分に対して回折時に拡散作用を起こす干渉縞を予め記録しておいてもよい。

【0104】

【発明の効果】上述のように、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子は、光学的な等方性領域と異方性領域とが交互に積層された構造を有する屈折率変調型の偏光選択性ホログラム素子であって、従来の屈折率の異なる等方性領域が交互に積層された構造の屈折率変調型偏光選択性ホログラム素子と比較して、偏光分離性能が向上されている。

【0105】また、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子においては、異方性領域の光学軸が再生光の入射面に対し略々平行で、かつ、等方性領域と異方性領域との境界面に対し略々平行に配向されていることにより、従来の異方性領域が交互に積層された構造の屈折率変調型偏光選択性ホログラム素子及び積極的な配向規制手段を有しない等方性領域と異方性領域とが交互に積層された構造の屈折率変調型偏光選択性ホログラム素子と比較して、再生光の入射角に依存した回折効率の低下が抑制されている。

【0106】また、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子においては、異方性領域に存在する異方性物質として液晶材料を用い、該液晶材料の配向を制御することにより、偏光選択性ホログラム光学素子における偏光分離特性及び回折率が改善されている。

【0107】さらに、本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子においては、液晶材料として光硬化型液晶を用い、これを配向規制した状態で硬化させることにより、信頼性を向上させることができる。

【0108】そして、本発明に係る画像表示素子及び画像表示装置は、上述の本発明に係る画像表示素子を用い

て構成されていることにより、反射型空間光変調素子の照明手段として偏光ビームスプリッタを使用する必要がないので、小型、軽量に構成でき、また、光利用効率、表示画像のコントラスト及び製造コストなどの問題が改善されている。

【0109】すなわち、本発明は、入射光束の入射角が小さい場合のみならず、該入射角が大きくなった場合においても、良好な偏光分離特性が得られるようになされた偏光選択性ホログラム光学素子を提供することができるものである。

【0110】また、本発明は、上述の本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子を使用することにより、小型、軽量に構成でき、かつ、光利用効率が高く、表示画像のコントラストが高く、信頼性も高く、製造コストが抑えられた画像表示素子及び画像表示装置を提供することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る偏光選択性ホログラム光学素子の構成を示す平面図である。

【図2】上記偏光選択性ホログラム光学素子の構成を示す縦断面図である。

【図3】上記偏光選択性ホログラム光学素子の動作原理を示す縦断面図である。

【図4】上記偏光選択性ホログラム光学素子において再生光の入射角が変化した場合の特性を示す側面図である。

【図5】本発明に係る画像表示素子の構成を示す縦断面図である。

【図6】上記画像表示素子においてカップリングプリズムを設けた構成を示す縦断面図である。

【図7】上記画像表示素子において偏光選択性ホログラム光学素子を多層とした構成を示す縦断面図である。

【図8】本発明に係る画像表示装置であってダイクロイックプリズム、反射型空間変調素子（三板）及び投射光学系を有するものの構成を示す平面図である。

【図9】上記画像表示装置であってダイクロイックミラー、透過型空間変調素子（三板）及び投射光学系を有するものの構成を示す平面図である。

【図10】上記画像表示装置であって反射型空間変調素子（単板）及び投射光学系を有するものの構成を示す平面図である。

【図11】上記画像表示装置であって反射型空間変調素子（単板）及び虚像光学系を有するものの構成を示す側面図である。

【図12】反射型ホログラムにおけるホログラムの厚さ $t$ 及びホログラム内の干渉縞のピッチ $\Lambda$ と回折効率の変化との関係を示すグラフである。

【図13】従来の画像表示素子の構成を示す縦断面図である。

【図14】従来の偏光選択性ホログラム光学素子の製造方法を説明する縦断面図である。

【図15】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって電圧の印加によって液晶の配向方向が制御されるものの構成を示す縦断面図である。

【図16】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって電圧を印加して液晶の配向方向が制御した状態を示す縦断面図である。

【図17】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって等方性領域及び異方性領域を有し異方性領域の光学軸方向が等方性領域と異方性領域との境界面に垂直となっているものの構成を示す縦断面図である。

【図18】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって2つの異方性領域を有し各異方性領域における光学軸方向が各異方性領域間の境界面に垂直な方向及び再生光入射面に垂直な方向となっているものの構成を示す縦断面図である。

【図19】上記図18に示した従来の偏光選択性ホログラム光学素子の構成を示す縦断面図である。

【図20】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって2つの異方性領域を有し各異方性領域における光学軸方向が各異方性領域間の境界面及び再生光入射面に平行な方向及び再生光入射面に垂直な方向となっているものの構成を示す縦断面図である。

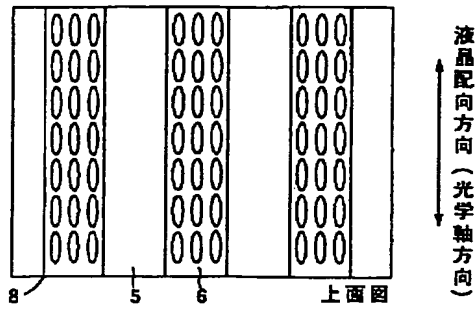
【図21】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって2つの異方性領域を有し各異方性領域における光学軸方向が各異方性領域間の境界面及び再生光入射面に平行な方向及び各異方性領域間の境界面に垂直な方向となっているものの構成を示す縦断面図である。

【図22】従来の偏光選択性ホログラム光学素子であって等方性領域及び異方性領域を有し異方性領域の光学軸方向が再生光入射面に垂直となっているものの構成を示す縦断面図である。

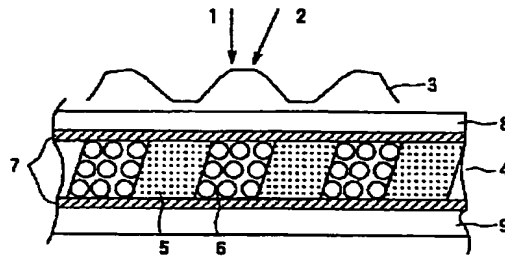
【符号の説明】

1 物体光、2 参照光、3 干渉縞、4 液晶層、5 等方性領域、6 異方性領域、7 配向膜、8、9 硝子基板、10 偏光選択性ホログラム光学素子、11 反射型TN液晶パネル

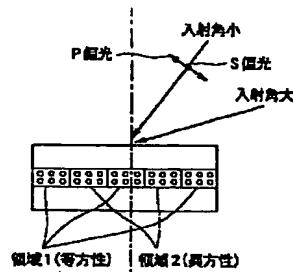
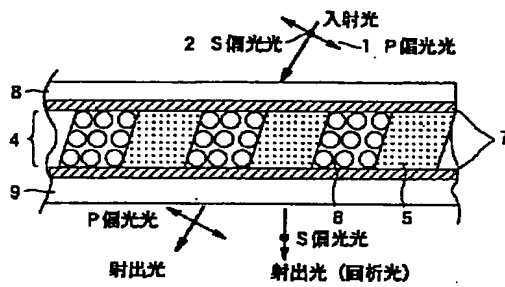
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

入射角小

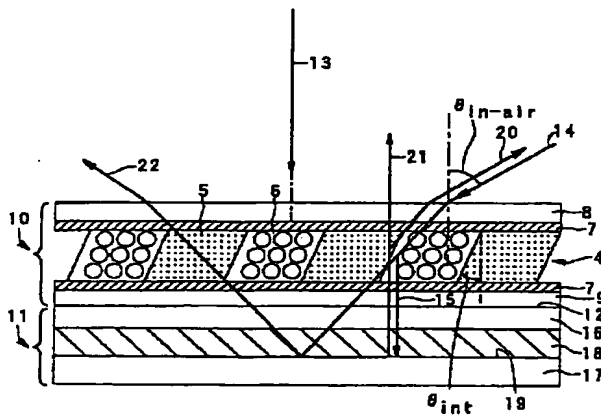
入射偏光	$n_1$	$n_2$	$\Delta n =  n_1 - n_2 $	偏光選択性
P	$n_c$	$n_o$	$\circ$	
S	$n_c$	$n_e$	$\Delta n_{max}$	

入射角大

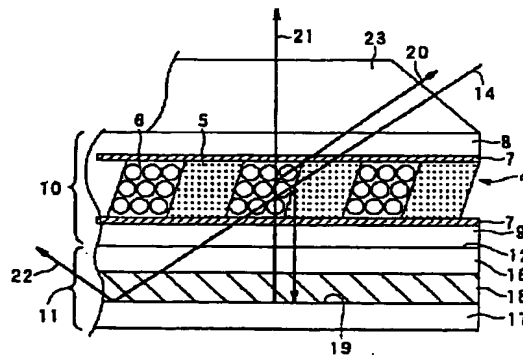
入射偏光	$n_1$	$n_2$	$\Delta n =  n_1 - n_2 $	偏光選択性
P	$n_c$	$n_o$	$\circ$	
S	$n_c$	$n_e$	$\Delta n_{max}$	

Legend:  
 $n_1$ : 領域1における屈折率  $n_2$ : 領域2における屈折率  
 $n_e$ : 異常光線屈折率  $n_o$ : 常光線屈折率  
 $n_o < n_{e小} < n_e中 < n_{e大} < n_e$   
 $\Delta n小 < \Delta n中 < \Delta n大 < \Delta n_{max} = |n_e - n_o|$

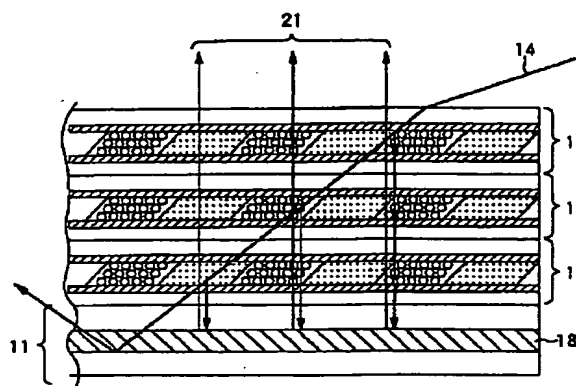
【図5】



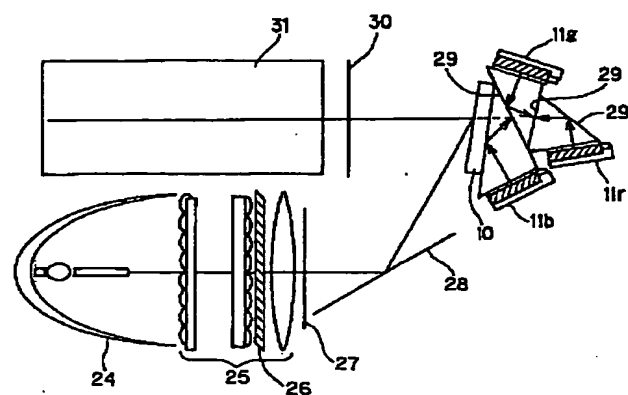
【図6】



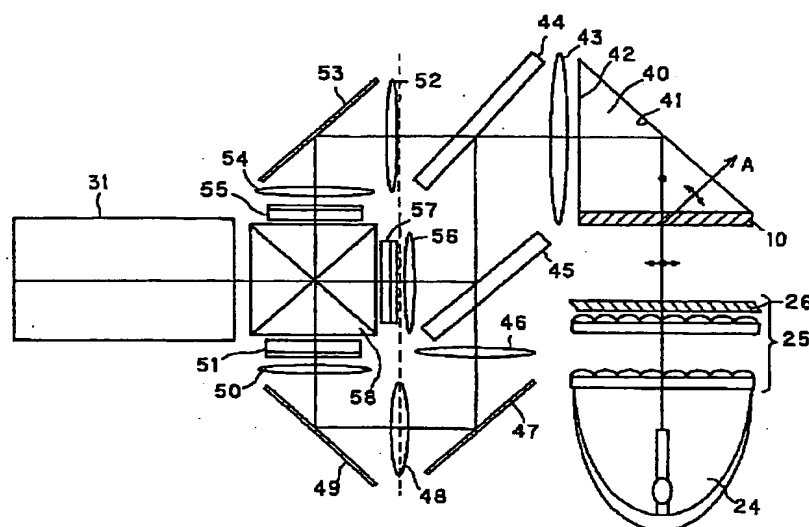
【图7】



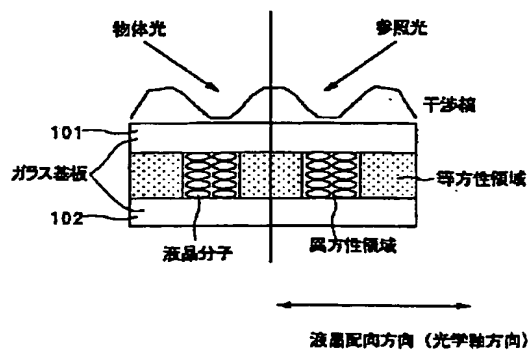
【图 8】



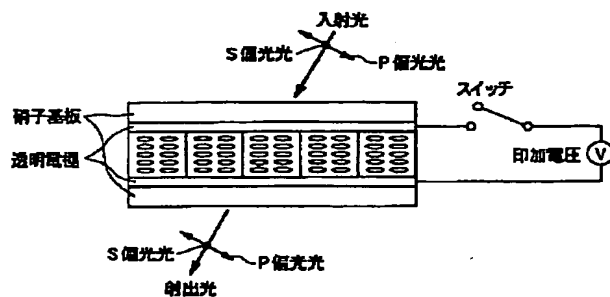
【图9】



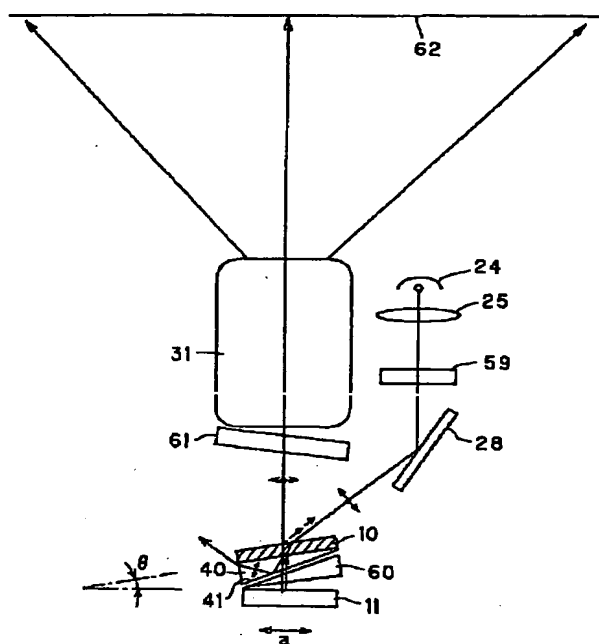
【图 1-4】



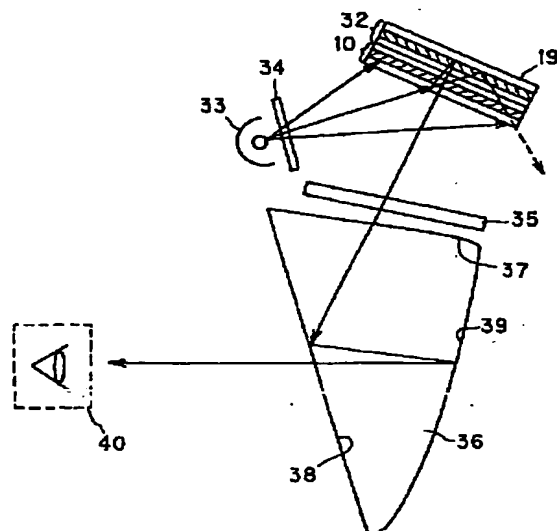
【图 1 5】



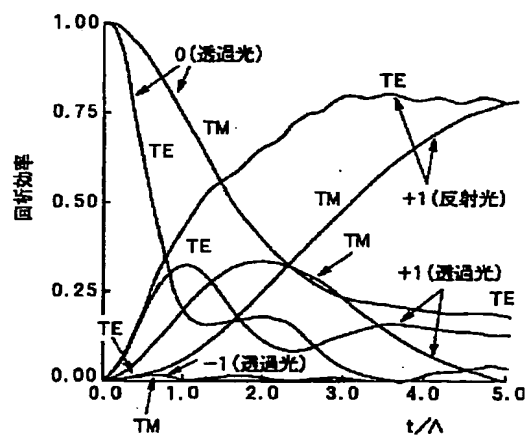
【図10】



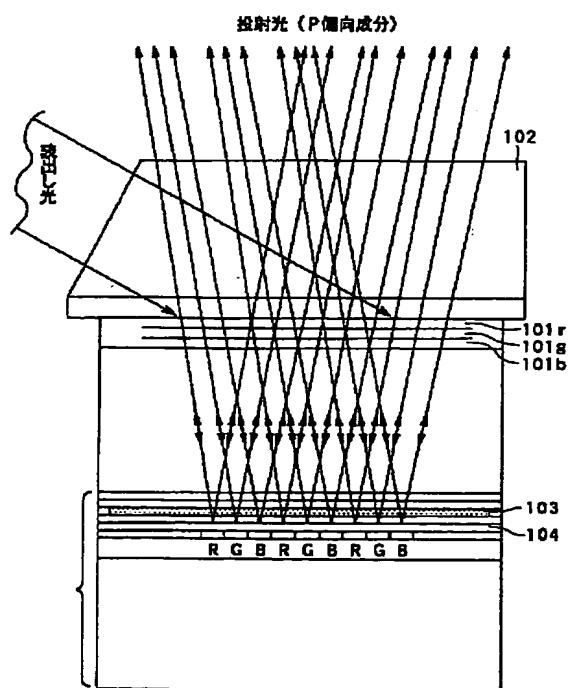
【図11】



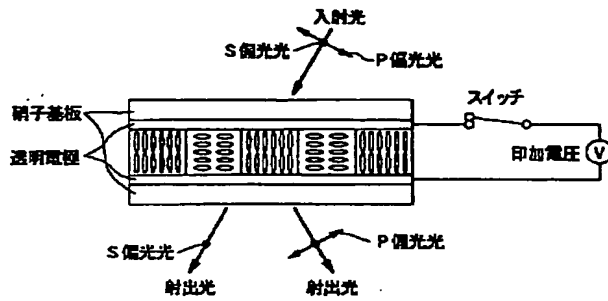
【図12】



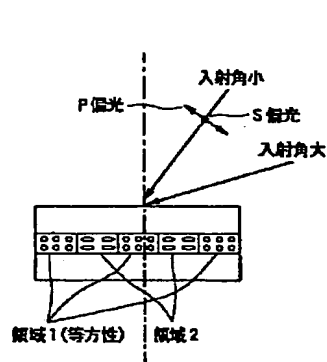
【図13】



【図16】



【図17】



入射角小

入射偏光	$n_1$	$n_2$	$\Delta n =  n_1 - n_2 $	偏光選択性
P	$n_c$	$n_e$ 大	$\Delta n$ 大	○
S	$n_c$	$n_o$	0	

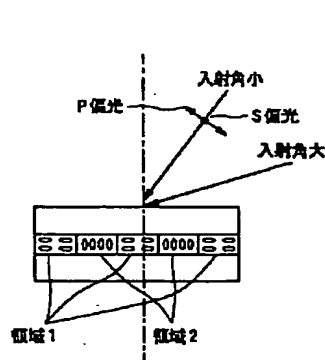
入射角大

入射偏光	$n_1$	$n_2$	$\Delta n =  n_1 - n_2 $	偏光選択性
P	$n_c$	$n_e$ 中	$\Delta n$ 中	○
S	$n_c$	$n_o$	0	

Legend:

 $n_1$ : 領域1における屈折率 $n_2$ : 領域2における屈折率 $n_e$ : 異常光線屈折率 $n_o$ : 常光線屈折率 $n_o < n_{e小} < n_{e中} < n_{e大} < n_e$  $\Delta n_{小} < \Delta n_{中} < \Delta n_{大} < \Delta n_{max} = |n_e - n_o|$ 

【図18】



入射角小

入射偏光	$n_1$	$n_2$	$\Delta n =  n_1 - n_2 $	偏光選択性
P	$n_e$ 大	$n_e$ 小	$\Delta n$ 中	○
S	$n_o$	$n_o$	0	

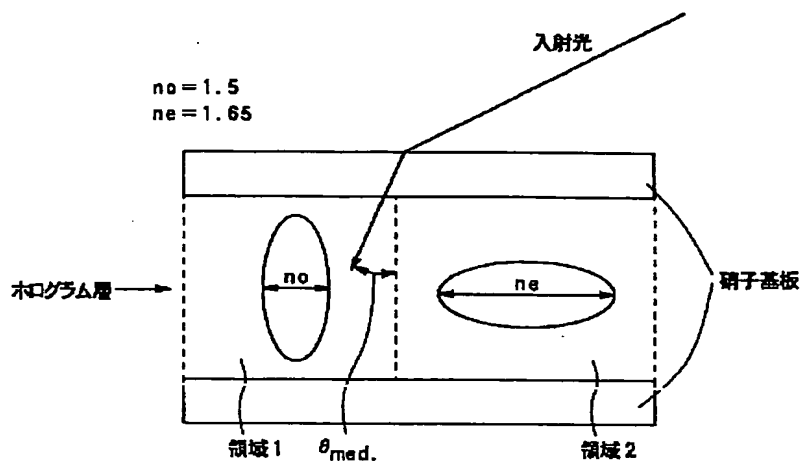
入射角大

入射偏光	$n_1$	$n_2$	$\Delta n =  n_1 - n_2 $	偏光選択性
P	$n_e$ 中	$n_e$ 中	$\Delta n$ 極小	○
S	$n_o$	$n_o$	0	

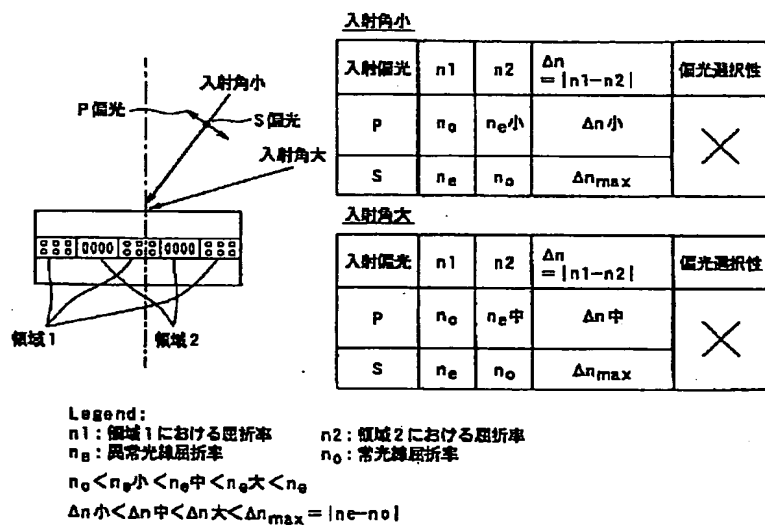
Legend:

 $n_1$ : 領域1における屈折率 $n_2$ : 領域2における屈折率 $n_e$ : 異常光線屈折率 $n_o$ : 常光線屈折率 $n_o < n_{e小} < n_{e中} < n_{e大} < n_e$  $\Delta n_{小} < \Delta n_{中} < \Delta n_{大} < \Delta n_{max} = |n_e - n_o|$

【図19】

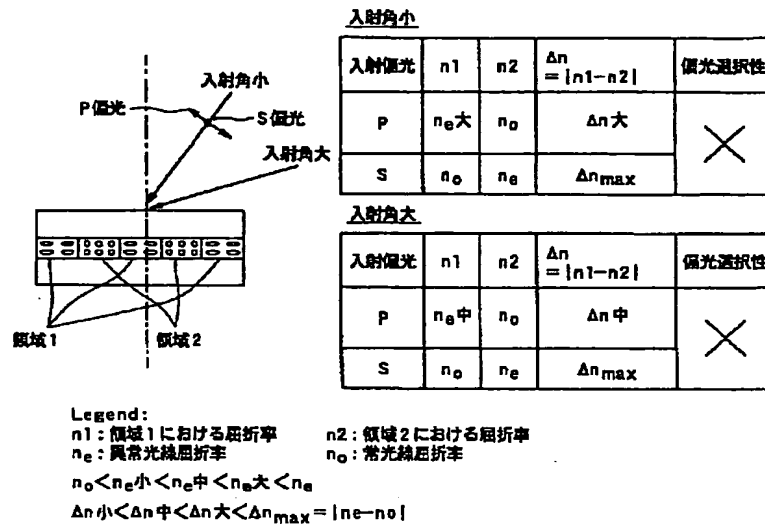


【図20】





【図21】



【図22】

